

(11)Publication number : 07-298418

(43)Date of publication of application : 10.11.1995

(51)Int.CI.

B60L 15/20
B60K 7/00
B62D 5/04

(21)Application number : 06-080292

(71)Applicant : SHIKOKU ELECTRIC POWER CO INC
SHIKOKU SOGO KENKYUSHO:KK

(22)Date of filing : 19.04.1994

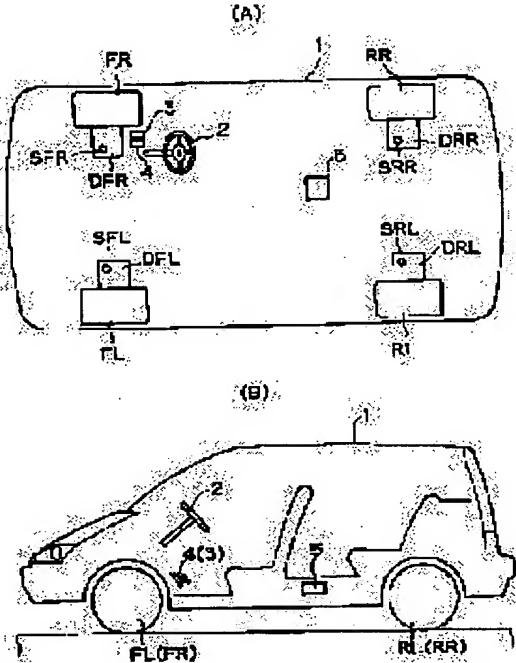
(72)Inventor : HIGASA HIROMASA
NASU HIDETOSHI
HAYASHI SHIGEHIKO

(54) ELECTRIC AUTOMOBILE

(57)Abstract:

PURPOSE: To materialize inexpensive and precise drive control by controlling an electric mechanism and a steering mechanism, based on the quantity of operation of an information system concerned with the electric mechanism and the steering mechanism.

CONSTITUTION: The car body 1 has a steering wheel 2, an accel pedal 3, a brake pedal 4, and front right and left wheels FL and FR, and rear right and left wheels RL and RR. Each wheel FL-RR is rotated each independently by electric mechanisms DFL-DFR, and is steered independent of the electric mechanisms by steering mechanisms SFL-SRR. The rotation or steering of each wheel FL-RR is controlled by the quantity of operation of an information system from a control means 5. For example, there are an on signal of a key switch, a gear position signal of a change lever, a changeover signal of 2WS/WS, a changeover signal of 2WD/4WD, a selection signal of normal run, reverse run, or oblique run, a selection signal of an ultrasmall turn or a turn on the spot, etc. Hereby, precise control on running can be materialized at low cost.



THIS PAGE BLANK (USPTO)

【特許請求の範囲】

【請求項1】車体の前後左右にそれぞれ位置した4つの車輪を独立して回転駆動させる電動機構部と、前記各車輪の舵角を独立して操舵させる操舵機構部と、前記電動機構部並びに前記操舵機構部とを制御する制御手段を備えた電気自動車において、

前記制御手段は、前記電動機構部と前記操舵機構部とに係わる情報系の操作量に基づいて前記電動機構部と前記操舵機構部とを制御することを特徴とする電気自動車。

【請求項2】前記電動機構部による前記車輪の回転駆動は、前記車体の前方の2つの車輪、前記車体の前後左右の4つの車輪の何れかの駆動方式に切り替え選択可能に設定されていることを特徴とする請求項1に記載の電気自動車。

【請求項3】前記操舵機構部による前記車輪の操舵は、前記車体の前方の2つの車輪、前記車体の前後4つの車輪の何れかの操舵方式に切り替え選択可能に設定されていることを特徴とする請求項1に記載の電気自動車。

【請求項4】前記4つの車輪は最大117°まで舵角の切り替えが可能となっていることを特徴とする請求項1に記載の電気自動車。

【請求項5】前記制御手段による前記電動機構部の制御は、前記車体の前方左右の2つの車輪に対する独立したトルク制御であることを特徴とする請求項1に記載の電気自動車。

【請求項6】前記制御手段による前記電動機構部の制御は、前記車体の4つの車輪に対する独立したトルク制御であることを特徴とする請求項1に記載の電気自動車。

【請求項7】前記制御手段による前記操舵機構部の制御は、ステアリング角に対応する前記車体の後方左右の2つの車輪に対する独立した舵角制御であることを特徴とする請求項1に記載の電気自動車。

【請求項8】前記制御手段による前記操舵機構部の制御は、ステアリング角に対応する前記車体の前後左右の4つの車輪に対する独立した舵角制御であることを特徴とする請求項1に記載の電気自動車。

【請求項9】前記制御手段による前記電動機構部と前記操舵機構部の制御はヨーレイット補正であることを特徴とする請求項1に記載の電気自動車。

【請求項10】前記制御手段による前記電動機構部と前記操舵機構部の制御は、操舵角補正と操舵速度補正であることを特徴とする請求項1に記載の電気自動車。

【請求項11】前記制御手段による前記電動機構部の制御はスリップ率補正であることを特徴とする請求項1に記載の電気自動車。

【請求項12】前記制御手段による前記電動機構部の制御は定速走行補正であることを特徴とする請求項1に記載の電気自動車。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、電気自動車、特に、車体の前後左右の4つの車輪のトルクや舵角等の車輪駆動系を電気的に制御するようにした電気自動車に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、パワーの大きいモータの開発が進み、ガソリン等を用いた一般的の車両と遜色のない電気自動車が実用化しつつある。

10 【0003】また、この様な電気自動車には、上述した一般的の車両と同等な走行時の車輪駆動系を確立すると共に、電気自動車ならではの精密な制御が行なえるとして着目されている（例えば、実開昭59-141405号公報参照）。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、斯かる電気自動車にあっては、一般的の車両の車輪駆動系の制御を基本としているため、電気自動車独自の車輪駆動系を制御しているものではなかった。即ち、一般的の車両は、一つの駆動源（エンジン）の動力を複数の車輪（2つ=2WS

20 D、4つ=4WD）に伝達してこの車輪を回転駆動せると共に、この複数の車輪（2つ=2WS、4つ=4WS）の舵角を制御するために、機械的に複雑な構造とならざるを得ない。

【0005】従って、この複雑な構造をそのまま電気自動車に適用すると、電気的な制御を行なうためのコントロールシステムに係る費用が高騰したままで、電気自動車としての効果を見いだせるものではなかった。

30 【0006】本発明は、上記事情に鑑みなされたものであって、電気自動車独自の特性を生かした車輪駆動系を制御することにより、安価なものでありながら精密な制御を実現することができる電気自動車を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、その目的を達成するため、車体の前後左右にそれぞれ位置した4つの車輪を独立して回転駆動させる電動機構部と、前記各車輪の舵角を独立して操舵させる操舵機構部と、前記電動機構部並びに前記操舵機構部とを制御する制御手段を備えた電気自動車において、前記制御手段は、前記電動機構部と前記操舵機構部とに係わる情報系の操作量に基づいて前記電動機構部と前記操舵機構部とを制御することを要旨とする。

【0008】

【作用】このような構成においては、電動機構部による車体の前後左右にそれぞれ位置した4つの車輪の独立した回転駆動と、操舵機構部による各車輪の舵角の独立した操舵とが、電動機構部と操舵機構部とに係わる情報系の操作量に基づいて制御手段に制御される。

【0009】

50 【実施例】次に、本発明の電気自動車の実施例を図面に

基づいて説明する。

【0010】図1は本発明の電気自動車の概略構成を模式的に示したもので、(A)は平面図、(B)は側面図である。

【0011】図1において、1は車体、2はステアリングホイール、3はアクセルペダル、4はブレーキペダル、FLは車体前方左側の車輪(以下単独では「前左車輪」と称する)、FRは車体前方右側の車輪(以下単独では「前右車輪」と称する)、RLは車体後方左側の車輪(以下単独では「後左車輪」と称する)、RRは車体後方右側の車輪(以下単独では「後右車輪」と称する)である。

【0012】車輪FL、FR、RL、RRは電動機構部DFL、DFR、DRL、DRRにより各々独立して回転させられる。また、車輪FL、FR、RL、RRは操舵機構部SFL、SFR、SRL、SRRにより各々独立して操舵される。さらに、これら車輪FL、FR、RL、RRを回転・操舵させるための電動機構部DFL、DFR、DRL、DRRと操舵機構部SFL、SFR、SRL、SRRは、制御手段5からの出力信号に基づいて車輪FL、FR、RL、RRを制御する。

【0013】尚、電動機構部DFL、DFR、DRL、DRRは、ステータコアに巻回されたコイルに流れる電流と、ステータコアに対向する駆動マグネットの磁束により回転軸を回転させ、この回転軸に同軸に連結された車軸を介して各車輪FL、FR、RL、RRを回転させ、操舵機構部SFL、SFR、SRL、SRRは電動機構部DFL、DFR、DRL、DRRと車輪FL、FR、RL、RRとを一体に回転させるもので、具体的な構造としては、実願平1-317645号等に記載された公知のものが使用されている。

【0014】制御手段5には、図2に示す様に、キースイッチからのON信号、チェンジレバーのギヤ位置R・N・D₁・D₂からのR・N・D₁・D₂信号、4WSの作動を開始させるための2WS/4WS切換スイッチからのWS信号、4WDの作動を開始させるための2WD/4WD切換スイッチからのWD信号、通常の走行状態とする通常走行選択スイッチからのCONV信号、斜めに車体1を移動させるための斜め走行選択スイッチからのM₁信号、真横に車体1を移動させるための横走行選択スイッチからのM₂信号、舵角を大きくして車体1の回転半径を極力小さくするための超小回り走行選択スイッチからのM₃信号、車体1をその場で旋回させるその場旋回選択スイッチからのM₄信号、これらの各種走行状態の実行を確認するアンサーバックスイッチからのSW信号、トラクションコントロールシステム(以下、「TCS」と称する。)の作動を開始させるためのTCS選択スイッチからのTCS信号、アクセルペダル3の踏み込み量に関係無く一定の速度で車体1を走行させるための定速走行選択スイッチからのAD信号、ブレーキ

ペダル4の踏み込みに連動するブレーキセンサーからのBRK信号、アクセルペダル3の踏み込み量を検出するアクセルセンサーからのACL信号、ステアリングホイール2の回転操作角度を検出するステアリング角センサーからのSte信号などの運転者の操作に連動する命令信号が入力される。

【0015】また、制御手段5には、操舵機構部SFL、SFR、SRL、SRRと一体のABSセンサーからのABS信号、車体1の前方左側の障害物を検出する

10 前左コーナーセンサーからのC_{rl}信号、車体1の後方右側の障害物を検出する後左コーナーセンサーからのC_{rr}信号、車体1の後方左側の障害物を検出する後右コーナーセンサーからのC_{rl}信号、ヨーレイツセンサーからのY信号、車体1の前方並びに後方の加速度を検出する加速度センサーからのa信号、前左車輪FLの実際の舵角を検出する前左車輪実舵角センサーからのR_{δ_{rl}}信号、前右車輪FRの実際の舵角を検出する前右車輪実舵角センサーからのR_{δ_{rr}}信号、後左車輪RLの実際の舵角を検出する後左車輪実舵角センサーからのR_{δ_{rl}}信号、後右車輪RRの実際の舵角を検出する後右車輪実舵角センサーからのR_{δ_{rr}}信号などの各種検出系からの検出信号が入力される。

20 【0016】さらに、制御手段5は、電動機構部DFL、DFR、DRL、DRRの作動を開始させるための運転/運転休止信号としてのINV_{rl}、INV_{rr}、INV_{rl}、INV_{rr}信号、トルクを0に設定するための0設定信号としてのI_{0rl}、I_{0rr}、I_{0rl}、I_{0rr}信号、与えられたアナログ電圧に比例したトルクを出力させて電圧が正であれば車体1を前進、電圧が負であれば車体1を後進させる方向にモータを回転制御させるトルク指令値としてのI_{rl}、I_{rr}、I_{rl}、I_{rr}信号を各電動機構部DFL、DFR、DRL、DRRへと出力すると共に、モータ電流センサーから出力されたRI_{rl}、RI_{rr}、RI_{rl}、RI_{rr}信号、モータの回転数を検出するモータ回転数センサーからのNm_{rl}、Nm_{rr}、Nm_{rl}、Nm_{rr}信号、モータの焼き付けを防止するためのモータ温度センサーからのTm_{rl}、Tm_{rr}、Tm_{rl}、Tm_{rr}信号、直流電圧センサーからのRmV_{rl}、RmV_{rr}、RmV_{rl}、RmV_{rr}信号、各種センサーの検出を含めて電動機構部DFL、DFR、DRL、DRRの異常を検出する異常センサーからのERR、ERR…信号が入力される。

30 【0017】しかも、制御手段5は、与えられたアナログ電圧に比例した角度位置で算定するアクチュエータ角度指令値としてのAc_{rl}、Ac_{rr}、Ac_{rl}、Ac_{rr}信号を操舵機構部SFL、SFR、SRL、SRRに出力すると共に、この際の各操舵機構部SFL、SFR、SRL、SRRのアクチュエータ角を検出するためのアクチュエータ角センサーからのRAc_{rl}、RAc_{rr}、RAc_{rl}、RAc_{rr}信号が入力される。尚、車輪FL、FR(前輪)並びに車輪RL、RR(後輪)にはON接点を

与えている時のみブレーキをアクチュエータにかけるアクチュエータブレーキへのRFB, RRB信号、及び前輪FL, FRの操舵角に対する後輪RL, RRの転舵角を規制するためにロックピン（後述する）を投入させるロックピン投入指令信号としてのRILK, RILK信号を出力すると共に、このロックピンが投入されていることを知らせるロックピンON信号としてのILK, ILK信号が入力される。

【0018】そして、制御手段5は、これら各種の出入力信号をRS-232C通信信号に変換して液晶表示画面に表示させると共に、CPU異常表示板へのCPU信号、モータ温度異常表示板へのTMP信号、自在走行不良表示板へのAUNV信号、モード不明表示板へのASEL信号、RS-232C信号異常表示板へのA232C信号、モータ電流指令値の偏差が大きい場合にこれを警告するモータ指令値異常表示板へのDE1信号、アクチュエータ指令値の偏差が大きい場合にこれを警告するAC指令値異常表示板へのDE8信号等の各種異常信号が出力される。尚、図2において、D₁はデジタル方式の入力信号、D₂はデジタル方式の出力信号、A₁はアナログ方式の入力信号、A₂はアナログ方式の出力信号、SIOはシリアル通信、IVNTは割り込み信号である。また、液晶表示画面には、入力処理を行なうためのタッチスイッチ付のものが使用されている。

【0019】次に、このような制御手段5による走行に係わる各種制御を概略的に説明すると、各車輪のモータは、それぞれ電動機構部DFL, DFR, DRL, DRRに内蔵され、この電動機構部DFL, DFR, DRL, DRRに外部からトルク指令値を与えることによって、その指令通りにモータがトルクを出力する。また、電動機構部DFL, DFR, DRL, DRRからは、モータの電流、回転数、温度等の値が信号として出力され、故障異常発生時には電動機構部異常信号が出力される仕組みになっている。

【0020】また、操舵機構部SFL, SFR, SRL, SRRは、その場で車が旋回できるまで車輪FL, FR, RL, RRの舵角を変えることが可能な機械的構造になっていて、アクチュエータにより舵角を変える。また、前輪FL, FRの舵角はステアリングホイール2による切れ角と前輪FL, FR用のアクチュエータによる切れ角の和となるような機械的構造となっていて、後輪RL, RRは後輪アクチュエータのみによって舵角が変えられる。

【0021】後輪RL, RRのアクチュエータにはロックピンが付いており、これを投入すると、アクチュエータの動く範囲が機械的なロックによって制限された状態となり、後輪RL, RRの転舵角がある程度の少ない範囲しか切れないように設定されている。また、各アクチュエータに外部からアクチュエータの角度指令値を与えることによって、その指令通りの位置でアクチュエータは整定し、

また後輪用アクチュエータに外部からロックピン引抜指令を与えれば、ロックピンはそれに応動する。アクチュエータの実際の角度、及びロックピン引抜状態は、外部に信号として出力される。各車輪FL, FR, RL, RRの舵角もセンサーによって検出することができるようになっている。

【0022】尚、制御手段5で実行される制御は、駆動制御、舵角制御、ヨーレイブ制御、TCS制御、定速走行制御、ABS制御（ABS装置の作動制御は制御手段の処理外であるが、ABS装置の作動の信号は制御手段に入り、制御手段はABS装置作動に対応した処理を行う。）であるが、駆動制御と舵角制御の可能な組合せとしては、2WD-2WS, 2WD-4WS, 4WD-2WS, 4WD-4WSの他、自在走行がある。また、この自在走行としては、斜め走行、真横走行、超小回り走行、その場旋回がある。

【0023】また、本発明での駆動力制御手段とは、各車輪FL, FR, RL, RRの駆動力（モータの駆動力）はインバータ方式によって制御され、このインバータに駆動力の目標値を外部から与えてやれば目標値通りの駆動力が得られる。従って、車輪FL, FR, RL, RRの電動機構部DFL, DFR, DRL, DRRに、それぞれ目標値を与えることによって、4輪独立駆動力制御を行なうことができるものを言う。

【0024】また、舵角の制御手段は、前輪FL, FRは、ステアリングホイール2とアクチュエータを動かすことによって切ることができ、後輪はアクチュエータを動かすことによって切ることができるような機構となっている。尚、アクチュエータはアクチュエータドライバーによって制御され、外部から与えられた目標値通りにアクチュエータ角を整定させる。

【0025】また、各車輪FL, FR, RL, RRの舵角は、最大117°まで切れるような構造になっている。従って、各アクチュエータドライバーにそれぞれ目標値を与えることによって、各車輪FL, FR, RL, RRの舵角を独立に制御することができる。尚、車輪FL, FR, RL, RRの最大舵角を117°に設定することにより、超小回り走行（後輪RL, RRの位相を前輪FL, FRと逆に切ることによって旋回半径を小さくする走行）からその場旋回（その場で旋回する走行）へ連続して移ることができる。

【0026】即ち、車体1が前方に進むようにモータを回転させておき、ステアリングホイール2を右に少しつつ切って行くと、車輪FL, FR, RL, RRの舵角が変化するようにアクチュエータを制御しておけば、渦巻き状の超小回り走行からその場旋回へ連続して移ることができる。また、その逆も可能である。

【0027】ロックピンは、通常走行（自在走行を行なわない普通車と同じ走行）中では、車のスピードが速いためアクチュエータの誤動作によって、後輪が大きく切

れたりすれば大変危険である。そこで、通常走行中は、図3 (A), (B) に示すように、アクチュエータ可動部6のピン挿入穴6aにピン7を挿入し、アクチュエータが誤作動したとしても、アクチュエータが大きく動くことがない安全対策用のようにしておく。

【0028】この際、ピン7を挿入時でも多少はアクチュエータが動くように、ピン挿入穴6aを長穴にしているのは、通常走行時に4WSを行なうことができるようになっているためである。自在走行中は、このピン7を抜いて、アクチュエータが大きく動くようにしておく。自在走行中は、車のスピードは遅いためアクチュエータが誤動作したとしても、車をすぐに停止することができるため危険は少ない。

【0029】モータは、車の制御手段類の異常・故障信号を常に監視しておき、重大な異常・故障が生じればモータに停止指令を出してモータを無トルク状態（からり状態）にする。この時、車は惰性で走っている状態になり、運転者はブレーキペダル3とステアリングホイール2の操作により車を路肩によせて安全に停車することができる。

【0030】制御手段は機器の状態をセンシングして取り込み異常を判断することもでき、アクチュエータ、モータの制御目標値と制御対象出力との偏差やアクチュエータドライバー及びモータインバータ自身から制御手段に上がってくる故障発生信号並びにモータ温度を監視すると共に、制御手段から一定周期のパルスをパルス検出装置に入力させるようにしておき、パルスの入力がなければパルス検出装置で制御手段の電源を切るようにしておくことにより、制御手段が暴走した時には、パルスが出力されないので制御手段の電源は切れる。また、制御手段の電源が切れると、アクチュエータは原点位置にとり、モータは無トルクになる。尚、制御手段での演算では、2種類のメモリーを使用して同じ演算を行い、結果を照合させ、それらが異なっていれば、制御手段が暴走した時と同じ処理を行うようになっている。

【0031】4WSは、走行中の車両の走行操作性・安定性を高めるため、後輪を操舵（ただし、最大5度）し、横すべり角を生じないようにする。

【0032】トラクションコントロールシステムは、各車輪のスリップ率を車輪の回転数から求め、スリップ率の大きな車輪の駆動力を減らせて発進加速時の車輪スリップを防止する。

【0033】定速走行機能は、駆動力を自動調整し、車のスピードを一定に保つ機能のことである。この速度を一定に保つための駆動力の調整は、PID制御で行うが、このPIDの演算は制御手段で行っている。

【0034】ABSは、フットブレーキによる機械的制動と、回生制動を組み合わせることにより、従来のABSの性能を上回るABSとなっている。

【0035】尚、制御手段に取り込む外部アナログ信号

は、制御手段内でスムージングを行いノイズ成分を除去して使用するため、制御手段内でのアナログ入力のスムージングが図られている、また、アクチュエータの角度を目標値に整定させたり、モータ駆動力を目標値に整定させるための制御は、それぞれのドライバーがもつマイナーブル系で行なうようにし、制御手段の負荷が軽減されている。

【0036】次に、このような制御手段5の作用を各項目毎に説明する。尚、数式等において、 a_{\dots} 及び a_{\dots} [..は数記号]、 t_{\dots} 、 t_{\dots} は定数である。

【0037】《基本トルク指令値決定処理》ギヤ位置、アクセル踏込み量から基本的な各輪のトルク指令値を求める。正確には、回生時においてはモータ回転数にも依存し、4WD時においては車の加速度にも依存する。その入力並びに出力条件は、

入力：

ギヤ位置 [R, N, D₁, D₂]

駆動方式 [2WD, 4WD]

アクセル踏込み量 ACL [%]

20 前左車輪モータ回転数 N_{m₁₁} [rps]

前右車輪モータ回転数 N_{m₁₂} [rps]

後左車輪モータ回転数 N_{m₂₁} [rps]

後右車輪モータ回転数 N_{m₂₂} [rps]

加速度モータ回転数 a [m/s²]

出力：

前左車輪トルク指令値 I_{r₁₁} [Kgm]

前右車輪トルク指令値 I_{r₁₂} [Kgm]

後左車輪トルク指令値 I_{r₂₁} [Kgm]

後右車輪トルク指令値 I_{r₂₂} [Kgm]

30 であり、次の手順で各輪のトルク指令値を決定する。

【0038】1) 2WDの場合の任意のギヤ位置をchとしたときの各輪トルク指令値は、

前左車輪トルク指令値 I_{r₁₁} ← 0

前右車輪トルク指令値 I_{r₁₂} ← 0

後左車輪トルク指令値 I_{r₂₁} ← f₁ (ch, ACL, N_{m₁₁})

後右車輪トルク指令値 I_{r₂₂} ← f₁ (ch, ACL, N_{m₁₂})

となる。尚、例えば、I_{r₁₁} ← 0 とは、前左車輪FLのトルク指令値を出力する番地 I_{r₁₁} に 0 (この場合には、後輪駆動の2WD方式であるため前輪は従動するだけで駆動はさせないため、トルク指令値は 0 となる) を出力することを意味する (以下、各制御方式において同様)。

【0039】ここで、f₁ (.., .., ..) とは、関数表示で、各ギヤ位置毎のアクセル踏込み量及びモータ回転数から一意にトルク指定値が決定できるように、図4に示すような関連を定めたものである。図4 (A) はレバー位置が D₁ のときのアクセル踏込み量とトルク指令値との関係を示すグラフ、図4 (B) はレバー位置が D₂ のときのアクセル踏込み量とトルク指令値との関

50

係を示すグラフ、図4 (C) はレバー位置がNのときのアクセル踏み込み量とトルク指令値との関係を示すグラフ、図4 (D) はレバー位置がRのときのアクセル踏み込み量とトルク指令値との関係を示すグラフ、図4

(E) は図4 (A) の回生領域でのモータ回転数とトルク指令値との関係を示すグラフである。

【0040】2) 4WDの場合の任意のギヤ位置をchとしたときの各輪トルク指令値は、

前左車輪トルク指令値 $I_{rl} \leftarrow f_s (ch, ACL, N_{m_{rl}})$

前右車輪トルク指令値 $I_{rr} \leftarrow f_s (ch, ACL, N_{m_{rr}})$

後左車輪トルク指令値 $I_{rl} \leftarrow f_s (ch, ACL, N_{m_{rl}})$

後右車輪トルク指令値 $I_{rr} \leftarrow f_s (ch, ACL, N_{m_{rr}})$

となる。尚、例えば、 $I_{rl} \leftarrow f_s$ とは、上述した2DW時の $I_{rl} \leftarrow f_s$ と同様の制御を意味するが、上述した2DW時の $I_{rl} \leftarrow f_s$ の I_{rl} と、4WD時の $I_{rl} \leftarrow f_s$ の I_{rl} とが同じ指令値であるということではない（以下、各制御方式において同様）。

【0041】3) さらに、前進駆動（ギヤ位置がD₁かD₂でかつ、アクセルがある値以上踏み込まれている状態）の場合、加速度センサーの値によって、前後輪トルク指令値に重みをつける。

【0042】例えば、加速度 $\geq a_{21}$ [$a_{21} = 1 \text{ m/s}^2$]、 $a_{11} = 0.6$ 、 $a_{12} = 1.4$ の時には、

前左車輪トルク指令値 $I_{rl} \leftarrow a_{11} \cdot I_{rl}$

前右車輪トルク指令値 $I_{rr} \leftarrow a_{11} \cdot I_{rr}$

後左車輪トルク指令値 $I_{rl} \leftarrow a_{11} \cdot I_{rl}$

後右車輪トルク指令値 $I_{rr} \leftarrow a_{11} \cdot I_{rr}$

となる。

【0043】また、加速度 $< a_{21}$ 、 $a_{11} = 0.8$ 、 $a_{12} = 1.2$ の時には、

前左車輪トルク指令値 $I_{rl} \leftarrow a_{12} \cdot I_{rl}$

前右車輪トルク指令値 $I_{rr} \leftarrow a_{12} \cdot I_{rr}$

後左車輪トルク指令値 $I_{rl} \leftarrow a_{12} \cdot I_{rl}$

後右車輪トルク指令値 $I_{rr} \leftarrow a_{12} \cdot I_{rr}$

となる。

【0044】4) 基本トルク指令値決定処理を終了する。

【0045】《4WS処理》後輪を転舵し、かつ左右輪のトルクに差をつけることにより、ニュートラルステア特性を持たせ、かつ横滑り角を小さくする。このための後輪アクチュエータ角度指令値の算出及び左右輪のトルク指令値の補正を行う。その入力並びに output 条件は、

入力：

前左車輪実舵角 $\delta_{rl} [^\circ]$

前右車輪実舵角 $\delta_{rr} [^\circ]$

前左車輪モータ回転数 $N_{m_{rl}} [\text{rps}]$

前右車輪モータ回転数 $N_{m_{rr}} [\text{rps}]$

後左車輪モータ回転数 $N_{m_{rl}} [\text{rps}]$

後右車輪モータ回転数 $N_{m_{rr}} [\text{rps}]$

サンプリング周期 Δt

今回サンプリングしたステアリング角 $S_{te}(0)$

[$^\circ$]

前回サンプリングしたステアリング角 $S_{te}(-\Delta t)$ [$^\circ$]

前々回サンプリングしたステアリング角 $S_{te}(-2 \Delta t)$ [$^\circ$]

駆動方式 (2WD, 4WD)

前左車輪トルク指令値 $I_{rl} [\text{Kgm}]$

前右車輪トルク指令値 $I_{rr} [\text{Kgm}]$

後左車輪トルク指令値 $I_{rl} [\text{Kgm}]$

後右車輪トルク指令値 $I_{rr} [\text{Kgm}]$

出力：

補正された前左車輪トルク指令値 $I_{rl} [\text{Kgm}]$

補正された前右車輪トルク指令値 $I_{rr} [\text{Kgm}]$

補正された後左車輪トルク指令値 $I_{rl} [\text{Kgm}]$

補正された後右車輪トルク指令値 $I_{rr} [\text{Kgm}]$

後左車輪アクチュエータ角度指令値 $AC_{rl} [^\circ]$

後右車輪アクチュエータ角度指令値 $AC_{rr} [^\circ]$

であり、次ぎの手順で制御する。

【0046】1) 前輪の平均実舵角 $R \delta_r$ 、車速 V を求める。

$R \delta_r \leftarrow (R \delta_{rl} + R \delta_{rr}) / 2$

$V \leftarrow k_v (N_{m_{rl}} + N_{m_{rr}} + N_{m_{rl}} + N_{m_{rr}}) / 4$

[$k_v = 2 \pi \times 0.31$]

【0047】2) 各アクチュエータ角度指令値を求める。

後左車輪アクチュエータ角度指令値 $AC_{rl} \leftarrow f_{AC(V) R \delta_r}$

後右車輪アクチュエータ角度指令値 $AC_{rr} \leftarrow f_{AC(V) R \delta_r}$

としたとき、 $f_{AC(\cdot)}$ (・) は図5のようなあらかじめ定められた関数である。

【0048】3) 前左車輪トルク指令値 I_{rl} 、前右車輪トルク指令値 I_{rr} 、後左車輪トルク指令値 I_{rl} 及び後右車輪トルク指令値 I_{rr} を次のように更新する。

40 3-a) 2WDの場合は、各輪のトルク指令値は更新しない。

3-b) 4WDの場合は、まず、 dS_{te}/dt (S_{te} はステアリング角の微分値) を、 $dS_{te}/dt \leftarrow \{2(S_{te}(0) - S_{te}(-\Delta t)) + S_{te}(0) - S_{te}(-2\Delta t)\} / (4\Delta t)$ から求める。そして、 dS_{te}/dt がある値 a_{ws} 以上の場合のみトルク指令値を、

前左車輪トルク指令値 $I_{rl} \leftarrow I_{rl} + f_s(V) \cdot (dS_{te}/dt)$

11

前右車輪トルク指令値 $I_{rr} \leftarrow I_{rr} - f_w (V) \cdot (d_{Ste/dt})$

後左車輪トルク指令値 $I_{rl} \leftarrow I_{rl} + f_w (V) \cdot (d_{Ste/dt})$

後右車輪トルク指令値 $I_{rr} \leftarrow I_{rr} - f_w (V) \cdot (d_{Ste/dt})$

のように更新する。ここで $f_w (\cdot)$ は、図6のようなあらかじめ定められた関数である。

【0049】4) 4WS処理終了

【0050】《ヨーレイット補正処理》旋回時、ヨーレイットの値によって左右輪のトルクに差をつけ、操縦性をよくする。このための左右輪のトルク指定値の補正を行う。

入力：

ステアリング角 $Ste [^\circ]$

ヨーレイット $\gamma [^\circ/s]$

前左車輪トルク指令値 $I_{rl} [Kgm]$

前右車輪トルク指令値 $I_{rr} [Kgm]$

後左車輪トルク指令値 $I_{rl} [Kgm]$

後右車輪トルク指令値 $I_{rr} [Kgm]$

ギヤ位置 [R, N, D₁, D₂]

出力：

補正された前左車輪トルク指令値 $I_{rl} [Kgm]$

補正された前右車輪トルク指令値 $I_{rr} [Kgm]$

補正された後左車輪トルク指令値 $I_{rl} [Kgm]$

補正された後右車輪トルク指令値 $I_{rr} [Kgm]$

補正が行われたかどうかの判定フラグ

【0051】1) ステアリングが切られているかどうかを次のように判定する。

1-a) $a_{rl} < Ste < a_{rr}$ ならばステアリングは実質的に切られていないと判定する。この際、 $a_{rl} = -3^\circ$ 、 $a_{rr} = +3^\circ$ 。

1-b) そうでないならばステアリングが切られていると判定する。

【0052】2) ステアリングが切られていると判定した場合にかぎり、各輪トルク指令値をヨーレイット γ (ヨーレイットセンサー値) によって次のように更新する。

2-a) ギヤ位置が D₁ か D₂ のとき

前左車輪トルク指令値 $I_{rl} \leftarrow I_{rl} (1 + f_r (\gamma))$

前右車輪トルク指令値 $I_{rr} \leftarrow I_{rr} (1 - f_r (\gamma))$

後左車輪トルク指令値 $I_{rl} \leftarrow I_{rl} (1 + f_r (\gamma))$

後右車輪トルク指令値 $I_{rr} \leftarrow I_{rr} (1 - f_r (\gamma))$

2-b) ギヤ位置が R のとき

前左車輪トルク指令値 $I_{rl} \leftarrow (1 + f_r (-\gamma))$

前右車輪トルク指令値 $I_{rr} \leftarrow (1 - f_r (-\gamma))$

後左車輪トルク指令値 $I_{rl} \leftarrow (1 + f_r (-\gamma))$

後右車輪トルク指令値 $I_{rr} \leftarrow (1 - f_r (-\gamma))$

ただし、 $f_r (\cdot)$ は図7のようなあらかじめきめられた関数で、ヨーレイットが ± 2 を越えると外輪側のトルクを強くし、内輪側のトルクを弱めることによって小回り

が効く。

2-c) ギヤ位置が N のときは、更新しない

【0053】3) ヨーレイット補正処理終了

【0054】次ぎに、このような基本トルク指令値決定処理並びに4WS処理に基づいて各駆動方式並びに操舵方式の組み合わせ毎のトルク指令値決定処理を詳述する。

【0055】(A) 2WS-2WD

(A1) 各電動機構部に0設定信号を出力する。

(A2) 4輪全てのアクチュエータに0°指令を出力する。

(A3) 実アクチュエータが4輪全て中立 ($|RAC_{11}| \leq a_{rl}$) になると、ロックピンON指令を出力すると共に、アクチュエータブレーキON指令を出力する。尚、RAC₁₁は実アクチュエータ角である。

(A4) ロックピンON信号を受ける。尚、走行モード決定後、 t_{01} 秒内にロックピンON信号がなければ、モード不明表示板とAC指定値異常表示板に警報を出力するとともに、アクチュエータ0°指令と電動機構部休止指令を与える。

(A5) 後輪の電動機構部の0設定信号OFFを出力する。

(A6) アクセル踏込量からトルク指令値(電流指令値)を演算する。

【0056】(A6-a) 基本トルク指令値(電流指令値) I_{0rl} の演算を以下の手順で処理する。但し、基本トルク指令値の演算は場合によって0設定信号を出力する。

【0057】(A6-a1) 基本トルク指令値 I_{0rl} は、アクセル踏込量ACLを、回生制動領域、ポケット領域、駆動領域 y_1 、駆動領域 y_2 、駆動領域 y_3 の5区間に分けて求める。また、同様にして I_{0rr} 、 I_{0rl} 、 I_{0rr} も演算する。回生制動領域はチェンジレバーのギヤ位置が D₁ にある時に回生制動をする場合の領域である。ポケット領域は駆動輪に駆動力を伝えない領域である。駆動領域はアクセル踏込量に比例した基本トルク指令値を求める領域で該当駆動領域により比例係数を変更する。この際の領域の区分は、

回生制動領域 $a_{01} \leq ACL \leq a_{02}$

ポケット領域 $a_{02} \leq ACL \leq a_{03}$

駆動領域1 $a_{03} \leq ACL \leq a_{04}$

駆動領域2 $a_{04} \leq ACL \leq a_{05}$

駆動領域3 $a_{05} \leq ACL \leq a_{06}$

となる。

【0058】(A6-a2) ギヤ位置が D₁ (前進/回生制動あり) の状態で、

・ ACLが回生制動領域の時に、ABS作動信号がONの時は、0設定信号を出力する。

・ ACLが回生制動領域の時に、 $Nm_{rl} \geq a_{05}$ の時は、 $I_{0rl} = (a_{06} + a_{07}, Nm_{rl})$ とする。尚、モータ回転

13

数 $N_{m_{FL}}$ は前左車輪モータ回転数を表し、 I_{oFL} に対応している。同様に、他の3つのモータでの演算では、 $N_{m_{FR}}$ が I_{oFR} に、 $N_{m_{RL}}$ が I_{oRL} に、 $N_{m_{RR}}$ が I_{oRR} にそれぞれ対応している。

- ・ACLが回生制動領域の時に、モータ回転数 $N_{m_{FL}} < a_{ss}$ の時は、0設定信号を出力する。
- ・ACLがポケット領域の時は、0設定信号を出力する。
- ・ACLが駆動領域1の時は、 $I_{oFL} = a_{ss} (ACL - a_{z3}) / (a_{z3} - a_{ss})$ とする。
- ・ACLが駆動領域2の時は、 $I_{oFL} = (a_{z6} - a_{z5}) / (a_{z4} - a_{z3}) \times (ACL - a_{z3}) + a_{ss}$ とする。
- ・ACLが駆動領域3の時は、 $I_{oFL} = (10 - a_{z6}) / (a_{ss} - a_{z4}) \times (ACL - a_{z4}) + a_{ss}$ とする。

【0059】(A6-a3) ギヤ位置が D_2 (前進/回生制動なし) の状態で、

- ・ACLが回生制動領域の時は、0設定信号を出力する。
- ・ACLがポケット領域の時は、0設定信号を出力する。
- ・ACLが駆動領域1の時は、 $I_{oFL} = a_{ss} (ACL - a_{z3}) / (a_{z3} - a_{ss})$ とする。
- ・ACLが駆動領域2の時は、 $I_{oFL} = (a_{z6} - a_{z5}) / (a_{z4} - a_{z3}) \times (ACL - a_{z3}) + a_{ss}$ とする。
- ・ACLが駆動領域3の時は、 $I_{oFL} = (10 - a_{z6}) / (a_{ss} - a_{z4}) \times (ACL - a_{z4}) + a_{ss}$ とする。

【0060】(A6-a4) ギヤ位置が R (後進) の状態で、

- ・ACLが回生制動領域の時は、0設定信号を出力する。
- ・ACLがポケット領域の時は、0設定信号を出力する。
- ・ACLが駆動領域 y_1 の時は、 $I_{oFL} = a_{ss} (ACL - a_{z3}) / (a_{z3} - a_{ss})$ とする。
- ・ACLが駆動領域 y_2 の時は、 $I_{oFL} = (a_{z6} - a_{z5}) / (a_{z4} - a_{z3}) \times (ACL - a_{z3}) + a_{ss}$ とする。
- ・ACLが駆動領域 y_3 の時は、 $I_{oFL} = (10 - a_{z6}) * *$

14

$* / (a_{ss} - a_{z4}) \times (ACL - a_{z4}) + a_{ss}$ とする。

【0061】(A6-b) モータ電流 I を、 $I = a_{ss} \times I_o$ で演算すると共に、トルク T_o を求める。また、同様に、 I_{oFL} 、 I_{oRL} 、 I_{oRR} も演算する。

・ $|I| \leq K$ の場合は、 $T_o = a_{ss} |I|$ とする。尚、 K は定数。

・ $|I| \geq K$ の場合は、 $T_o = a_{ss} + a_{ss} |I| + a_{ss} I^2$ とする。

・ギヤ位置が D_1 で ACL が回生制動領域にある場合に 10 は、 $T_o = -a_{ss} |I|$ とする。

【0062】(A6-c) 修正基本トルク指令値 $I_{oFL} = I_{oFL}$ とする。同様にして、 I_{oRR} 、 I_{oRL} 、 I_{oRR} も処理する。

(A6-d) ステアリング角に応じて、旋回方向と内外輪を判断する。

・ $Ste \leq a_{ss}$ の時は、右旋回で右輪が内輪、左輪が外輪と判断する。

・ $Ste \geq a_{ss}$ の時は、左旋回で左輪が内輪、右輪が外輪と判断する。

20 20 $a_{ss} < Ste < a_{ss}$ の時は、直進と見なし、 $Ste = 0$ とする。

【0063】(A6-e) トルク指令の演算を行う。

【0064】(A6-e1) TCS選択スイッチOFF の場合の状態で、

・基本トルク指令値の絶対値が0V以上である直進時には修正基本トルク指令値 I_{oFL} を電動機構部に与える。同様にして I_{oRR} 、 I_{oRL} 、 I_{oRR} も処理する。

・基本トルク指令値の絶対値が0V以上である旋回時には、修正基本トルク指令値 I_{oFL} をもとに、表1に示す

30 内外輪にトルク差を与えたトルク指令値 I_{oFL} を各電動機構部に与える。同様に、 I_{oRR} 、 I_{oRL} 、 I_{oRR} も処理する。尚、旋回時の修正基本トルク指令値の更新は、前進時と後進時に両方に適用される。

・それ以外の場合には、(A6-a) に示した基本トルク指令値を各電動機構部に与える。

【0065】

【表1】

	前輪 (I_{oFL})	後輪 (I_{oRR})	
加速時	$a_{17} \times I_{oFL}$ $a_{17} \times I_{oRR}$	$a_{17} \times I_{oFL}$ $a_{17} \times I_{oRR}$	加速度 $\geq a_{21}$
定速、減速時	$a_{18} \times I_{oFL}$ $a_{18} \times I_{oRR}$	$a_{17} \times I_{oFL}$ $a_{17} \times I_{oRR}$	加速度 $< a_{21}$

【0066】(A6-e2) TCS選択スイッチONの状態で、

- ・スリップ率制御無の場合はTCS選択スイッチOFFと同じである。
- ・スリップ率制御有の場合は後述のスリップ制御で詳細の述べる。

【0067】(B) 2WS-4WD

(B1) 各電動機構部に0設定信号を出力する。

(B2) 4輪全てのアクチュエータに0°指令を出力する。

(B3) 全アクチュエータが4輪全て中立 ($|RAC| \leq a_{ss}$) になると、ロックピンON指令を出力すると共に、アクチュエータブレーキON指令を出力する。

50 (B4) ロックピンON信号を受ける。尚、走行モード

決定後、 $t_{0.1}$ 秒内にロックピンON信号がなければ、モード不明表示板とAC指定値異常表示板に警報を出力するとともに、アクチュエータ0°指令と電動機構部休止指令を与える。

(B5) 各電動機構部の0設定信号を解除する。

(B6) アクセル踏込量からトルク指令値(電流指令値)を演算する。

【0068】(B6-a) (A6-a)の方法で基本トルク指令値 I_{0rL} を演算する。また、同様にして、

I_{0rR} 、 I_{0rL} 、 I_{0rR} も演算する。

【0069】(B6-b) (A6-b)の方法でモータ電流とトルクを演算する。

【0070】(B6-c) 修正基本トルク指令

(I_{0rL} 、 I_{0rR})を演算する。

・前進駆動の状態で、 $I_{0rL} \leq a_{22}$ の時、表2より、演算する。同様に、

$I_{0rR} \leq a_{22}$

$I_{0rL} \leq a_{22}$

$I_{0rR} \leq a_{22}$

*の時も演算する。

・前進駆動の状態で、 $a_{22} < I_{0rL} \leq a_{11}$ 、 a_{22} の時は、

$I_{0rR} = I_{0rL} = 2I_{0rL} - a_{11}a_{22}$

$I_{0rL} = I_{0rR} = a_{11}a_{22}$

により演算する。同様に、

$a_{22} < I_{0rR} \leq a_{11}a_{22}$

$a_{22} < I_{0rL} \leq a_{11}a_{22}$

$a_{22} < I_{0rR} \leq a_{11}a_{22}$

の時も演算する。

10 10 ·前進駆動の状態で、 $I_{0rL} > a_{11}a_{22}$ の時は I_{0rL} の更新はしない。同様に、

$I_{0rR} > a_{11}a_{22}$

$I_{0rL} > a_{11}a_{22}$

$I_{0rR} > a_{11}a_{22}$

の時も更新はしない。

・前進駆動の場合以外は I_{0rL} の更新はしない。同様に、 I_{0rR} 、 I_{0rL} 、 I_{0rR} も更新はしない。

【0071】

* 【表2】

右旋回	左輪	直進時の修正基準トルク指令値 [I_{0fL} 及び I_{0rL}] × {1 + a14 (ヨーレイトア - a15)}
	右輪	直進時の修正基準トルク指令値 [I_{0fR} 及び I_{0rR}] × {1 - a14 (ヨーレイトア - a15)}
左旋回	左輪	直進時の修正基準トルク指令値 [I_{0fL} 及び I_{0rL}] × {1 - a14 (a16 - ヨーレイトア)}
	右輪	直進時の修正基準トルク指令値 [I_{0fR} 及び I_{0rR}] × {1 + a14 (a16 - ヨーレイトア)}

【0072】(B6-d) ステアリング角に応じて、旋回方向と内外輪を判断する。

・ $Ste \leq a_{10}$ の時は右旋回で右輪が内輪、左輪が外輪と判断する。

・ $Ste \leq a_{10}$ の時は左旋回で左輪が内輪、右輪が外輪と判断する。

・ $a_{10} < Ste < a_{11}$ の時は、直進と見なし、 $Ste = 0$ とする。

【0073】(B6-e) トルク指令の演算を行う。

【0074】(B6-e1) TCS選択スイッチOFFの状態で、

・基本トルク指令値の絶対値が0V以上である直進時には修正基本トルク指令値 I_{0rL} を電動機構部に与える。

同様に I_{0rR} 、 I_{0rL} 、 I_{0rR} も処理する。

・基本トルク指令値の絶対値が0V以上である旋回時には、修正基本トルク指令値 I_{0rL} をもとに、表1に示す内外輪にトルク差を与えたトルク指令値 I_{0rL} を各電動機構部に与える。同様に I_{0rR} 、 I_{0rL} 、 I_{0rR} も処理する。尚、この旋回時の修正基本トルク指令値の更新は、前進時と後進時に両方に適用される。

・それ以外の場合には、(A6-a)に示した基本トルク指令値を各電動機構部に与える。

30 【0075】(B6-e2) TCS選択スイッチONの状態で、

・スリップ率制御無の場合はTCS選択スイッチOFFと同じである。

・スリップ率制御有の場合は後述のスリップ制御で詳細の述べる。

【0076】(C) 4WS-2WD

(C1) 各電動機構部に0設定信号を出力する。

(C2) 4輪全てのアクチュエータに0°指令を出力する。

(C3) 実アクチュエータが4輪全て中立($|RAC_{11}| \leq a_{12}$)になると、ロックピンON指令を出力すると共に、前輪のアクチュエータブレーキON指令を出力する。

(C4) ロックピンON信号を受ける。尚、走行モード決定後、 $t_{0.1}$ 秒内にロックピンON信号がなければ、モード不明表示板とAC指定値異常表示板に警報を出力するとともに、アクチュエータ0°指令と電動機構部休止指令を与える。

(C5) 前左車輪の実舵角 $R\delta_{rl}$ と前右車輪の実舵角 $R\delta_{rr}$ から前輪の平均実舵角 $R\delta_r$ を、 $R\delta_r = (R\delta_{rl} + R\delta_{rr}) / 2$ で演算する。

(C 6) 車速V (m/s) を、 $V = (V_r + V_t + V_L + V_R) / 4$ から求めると共に、この車速V (m/s) と前輪の平均実舵角 $R\delta_r$ から後輪実舵角 $R\delta_r'$ を、
 $V \leq a_{w3}$ の時： $R\delta_r' = (a_{w1}V + a_{w2}) R\delta_r$
 $V \geq a_{w6}$ の時： $R\delta_r' = (a_{w4}V + a_{w5}) R\delta_r$
 $a_{w3} < V < a_{w6}$ の時： $R\delta_r' = 0$

で演算する。但し、 $|R\delta_r'| \leq a_{w7}$ とする。

(C 7) さらに、 $R\delta_r'$ から、
 $m = R\delta_r' / (a_{w7} / a_{w8})$ [mは小数点以下切捨ての整数]
 後輪実舵角 $R\delta_r$ を、
 $R\delta_r = m a_{w7} / a_{w8}$
 により求め、アクチュエータ角度指令 AC_r' を、
 $AC_r = R\delta_r / a_{\delta_{16}}$
 $AC_{rL} = AC_r, AC_{rR} = AC_r$
 求める。

(C 8) 後輪の電動機構部の0設定信号を演算する。

(C 9) アクセル踏込量からトルク指令値（電流指令値）を解除する。

【0077】 (C 9-a) (A 6-a) の方法で基本トルク指令値 I_{0rL} を演算する。同様にして、 $I_{0rR}, I_{0rL}, I_{0rR}$ も演算する。

【0078】 (C 9-b) (A 6-b) の方法でモータ電流とトルクを演算する。

【0079】 (C 9-c) 修正基本トルク指令値 $I_{0rL} = I_{0rL}$ とする。同様にして、 $I_{0rR}, I_{0rL}, I_{0rR}$ も処理する。

【0080】 (C 9-d) トルク指令の演算を行う。

【0081】 (C 9-d1) TCS選択スイッチOFFの時は、修正基本トルク指令値 I_{0rL} を電動機構部に与える。同様にして、 $I_{0rR}, I_{0rL}, I_{0rR}$ も処理する。

【0082】 (C 9-d2) TCS選択スイッチONの状態で、

- ・スリップ率制御無の場合はTCS選択スイッチOFFと同じである。
- ・スリップ率制御有の場合は後述のスリップ制御で詳細の述べる。

【0083】 (D) 4WS-4WD

(D 1) 各電動機構部に0設定信号を出力する。

(D 2) 4輪全てのアクチュエータに0°指令を出力する。

(D 3) 実アクチュエータが4輪全て中立 ($|RAC_{11}| \leq a_{z2}$) になると、ロックピンON指令を出力すると共に、前輪のアクチュエータブレーキON指令を出力する。

(D 4) ロックピンON信号を受ける。尚、走行モード決定後、 t_{01} 秒内にロックピンON信号がなければ、モード不明表示板とAC指定値異常表示板に警報を出力するとともに、アクチュエータ0°指令と電動機構部休止指令を与える。

(D 5) ステアリング角から前輪の平均実舵角 $R\delta_r$ を、
 $R\delta_r = (R\delta_{rL} + R\delta_{rR}) / 2$

により演算する。

(D 6) 車速V (m/s) を、
 $V = (V_r + V_t + V_L + V_R) / 4$ から求めると共に、車速V (m/s) と前輪の平均実舵角 $R\delta_r$ から後輪実舵角 $R\delta_r'$ を、
 $V \leq a_{w3}$ の時： $R\delta_r' = (a_{w1}V + a_{w2}) R\delta_r$
 $V \geq a_{w6}$ の時： $R\delta_r' = (a_{w4}V + a_{w5}) R\delta_r$
 $a_{w3} < V < a_{w6}$ の時： $R\delta_r' = 0$

で演算する。但し、 $|R\delta_r'| \leq a_{w7}$ とする。

(D 7) さらに、 $R\delta_r'$ から、
 $m = R\delta_r' / (a_{w7} / a_{w8})$ [mは小数点以下切捨ての整数]

後輪実舵角 $R\delta_r$ を、

$R\delta_r = m a_{w7} / a_{w8}$

により求めた後、アクチュエータ角度指令 AC_r を、
 $AC_r = R\delta_r / a_{\delta_{16}}$
 $AC_{rL} = AC_r, AC_{rR} = AC_r$

により求める。

(D 8) 各電動機構部の0設定信号を解除する。

(D 9) アクセル踏込量からトルク指令値（電流指令値）を演算する。

【0084】 (D 9-a) (A 6-a) の方法で基本トルク指令値 I_{0rL} を演算する。同様にして、 $I_{0rR}, I_{0rL}, I_{0rR}$ も演算する。

【0085】 (D 9-b) (A 6-b) の方法でモータ電流とトルクを演算する。

【0086】 (D 9-c) 修正基本トルク指令 (I_{0rL}, I_{0rR}) を演算する。

【0087】 (D 9-c1) 前進駆動の場合に、
 $I_{0rL} \leq a_{z2}$ の時、表2により、演算する。同様にして、

$I_{0rR} \leq a_{z2}$

$I_{0rL} \leq a_{z2}$

$I_{0rR} \leq a_{z2}$

の時も演算する。

$a_{z2} < I_{0rL} \leq a_{z1}, a_{z2}$ の時、

$I_{0rL} = I_{0rR} = 2 I_{0rL} - a_{z1} a_{z2}$

$I_{0rL} = I_{0rR} = a_{z1} a_{z2}$

を演算する。同様にして、

$a_{z2} < I_{0rR} \leq a_{z1}, a_{z2}$

$a_{z2} < I_{0rL} \leq a_{z1}, a_{z2}$

$a_{z2} < I_{0rR} \leq a_{z1}, a_{z2}$

の時も演算する。

$I_{0rL} > a_{z1} a_{z2}$ の時、 I_{0rL} の更新はしない。同様にして、

$I_{0rR} > a_{z1} a_{z2}$

$I_{0rL} > a_{z1} a_{z2}$

50 $I_{0rR} > a_{z1} a_{z2}$

$I_{\text{err}} > a_{11} a_{22}$

の時も更新はしない。

【0088】(D9-c2) 前進駆動の場合以外、 $I_{\text{errL}}, I_{\text{errR}}, I_{\text{errL}}, I_{\text{errR}}$ の更新はしない。

【0089】(D9-d) ステアリング角に応じて、旋回方向と内外輪を判断する。

$\text{Ste} \leq a_{11}$ 右旋回 右輪が内輪、左輪が外輪

$\text{Ste} \geq a_{22}$ 左旋回 左輪が内輪、右輪が外輪

$a_{11} < \text{Ste} < a_{22}$ 直進と見なし、 $\text{Ste} = 0$ とする。

【0090】(D9-e) トルク指令の演算を行う。

【0091】(D9-e1) TCS選択スイッチがOFFの場合には、修正基本トルク指令値 I_{errL} を電動機構部に与える。同様に $I_{\text{errR}}, I_{\text{errL}}, I_{\text{errR}}$ も処理する。

【0092】(D9-e2) TCS選択スイッチONの場合、

・旋回中の駆動力制御に関しては、今回・前回・前回にサンプリングされたステアリング角 [Ste (0) · Ste (-Δt) · Ste (-2Δt)] に基づいて、車速が a_{11} 以上でかつステアリング操作速度 $d\text{Ste}/dt$ の絶対値が a_{11} 以上の条件で、
 $d\text{ste}/dt = \{2(\text{今回}-\text{前回}) + (\text{今回}-\text{前々回})\} / (\text{制御周期(秒)} \times 4)$

$$\Delta F = a_{11} (a_{11} V + a_{11}) d\text{Ste}/dt - d\text{Ste}/dt \text{ (mm/s)}$$

$$F_{11} = F_{11} - \Delta F / 2$$

$$F_{12} = F_{12} + \Delta F / 2$$

により駆動力差を演算する。尚、 ΔF は駆動力差、
 F_{11}, F_{12} は駆動力である。また、駆動力 (F_{11}, F_{12}) からモータ電流を求め、それに応じたトルク指令値を電動機構部に与える。

・スリップ制御に関しては、スリップ率制御無の場合は TCS選択スイッチOFFと同じで、スリップ率制御中の場合は後述のスリップ制御で詳細に述べる。

【0093】《自在走行処理》斜め走行、真横走行、超小回り走行、その場旋回を行う、このための各輪アクチュエータ角度指令値の算出及び各輪トルク指令値の補正を行うもので、その入力並びに出力条件は、

入力：

自在走行選択SWの状態

・斜め走行 M₁

・真横走行 M₂

・超小回り走行 M₃

・その場旋回 M₄

ステアリング角 Ste [°]

前左車輪トルク指令値 $I_{\text{rl}} [\text{Kg m}]$

前右車輪トルク指令値 $I_{\text{rr}} [\text{Kg m}]$

後左車輪トルク指令値 $I_{\text{rl}} [\text{Kg m}]$

後右車輪トルク指令値 $I_{\text{rr}} [\text{Kg m}]$

出力：

前左車輪アクチュエータ角度指令値 $AC_{\text{rl}} [°]$

前右車輪アクチュエータ角度指令値 $AC_{\text{rr}} [°]$

後左車輪アクチュエータ角度指令値 $AC_{\text{rl}} [°]$

後右車輪アクチュエータ角度指令値 $AC_{\text{rr}} [°]$

補正された前左車輪トルク指令値 $I_{\text{rl}} [\text{Kg m}]$

補正された前右車輪トルク指令値 $I_{\text{rr}} [\text{Kg m}]$

補正された後左車輪トルク指令値 $I_{\text{rl}} [\text{Kg m}]$

補正された後右車輪トルク指令値 $I_{\text{rr}} [\text{Kg m}]$

トルク指令値の補正が行われたかどうかの判定フラグであり、次ぎの手順で行なう。

【0094】1) ステアリング角 Ste から各輪のアクチュエータ角度指令値を次のように求める。

【0095】1-a) 斜め走行、または真横走行が選択された場合

前左車輪アクチュエータ角度指令値 $AC_{\text{rl}} \leftarrow f_{\text{M1FL}} (\text{Ste})$

前右車輪アクチュエータ角度指令値 $AC_{\text{rr}} \leftarrow f_{\text{M1FR}} (\text{Ste})$

後左車輪アクチュエータ角度指令値 $AC_{\text{rl}} \leftarrow f_{\text{M2FL}} (\text{Ste})$

20

後右車輪アクチュエータ角度指令値 $AC_{\text{rr}} \leftarrow f_{\text{M2FR}} (\text{Ste})$

ここで $f_{\text{M1FL}} (\cdot), \dots, f_{\text{M2FR}} (\cdot)$ はステアリング角から各アクチュエータ角度を求める関数で、これに従ってアクチュエータを動かすことにより、

1-a1) ステアリングが中立であれば全ての車輪の舵角が 0° になる。

1-a2) ステアリングを右又は左に切れば、全ての車輪がステアリングと同じ方向に同じ角度だけ切れる。

30 1-a3) ステアリングを右又は左にいっぱい切れば、全ての車輪がステアリングと同じ方向に 90° 切れる。の条件の全てを常に満たすことができるよう定められたものである。

【0096】1-b) 超小回り走行、またはその場旋回が選択された場合、

前左車輪アクチュエータ角度指令値 $AC_{\text{rl}} \leftarrow f_{\text{M3FL}} (\text{Ste})$

前右車輪アクチュエータ角度指令値 $AC_{\text{rr}} \leftarrow f_{\text{M3FR}} (\text{Ste})$

40 後左車輪アクチュエータ角度指令値 $AC_{\text{rl}} \leftarrow f_{\text{M3FL}} (\text{Ste})$

後右車輪アクチュエータ角度指令値 $AC_{\text{rr}} \leftarrow f_{\text{M3FR}} (\text{Ste})$

となる。

【0097】ここで、 $f_{\text{M3FL}} (\cdot), f_{\text{M3FR}} (\cdot), f_{\text{M3RL}} (\cdot), f_{\text{M3RR}} (\cdot)$ はステアリング角から各アクチュエータ角度を求める関数で、これに従ってアクチュエータを動かすことにより、

1-b1) ステアリングが中立であれば全ての車輪の舵角が 0° になる。

50

1-b2) ステアリングを右に切れば前輪は右、後輪は左に切れ、車体は右旋回できる状態になる。また、ステアリングを左に切れば前輪は左に切れると共に後輪は右に切れ、車体は左旋回できる状態になる。

1-b3) ステアリングを右にいっぱい切れば、その場で右旋回できる状態になる。また、ステアリングを左にいっぱい切れば、その場で左旋回できる状態になる。の条件の全てを常に満たすことができるよう定められたものである。

【0098】2) 旋回しやすいよう、各輪トルク指令値を補正する。

【0099】2-1) 斜め走行または真横走行が選択された場合は、各輪トルク指令値の補正是行わない。

【0100】2-2) 超小回り走行、またはその場旋回が選択された場合は、

前左車輪トルク指令値 $I_{fl} \leftarrow I_{fl} + I_{fl} \cdot f_{ut} (Ste)$

前右車輪トルク指令値 $I_{fr} \leftarrow I_{fr} - I_{fr} \cdot f_{ut} (Ste)$

後左車輪トルク指令値 $I_{rl} \leftarrow I_{rl} + I_{rl} \cdot f_{ut} (Ste)$

後右車輪トルク指令値 $I_{rr} \leftarrow I_{rr} - I_{rr} \cdot f_{ut} (Ste)$

となる。ここで $f_{ut} (\cdot)$ は、図8のようなあらかじめ定められた関数。

【0101】3) 自在走行処理終了

【0102】次ぎに、このような自在走行の各走行状態毎の制御を詳述する。

【0103】(E) 斜め走行

【0104】(E1) ステアリング操作

(E1-a) 各電動機構部に0設定信号を出力する。

(E1-b) ロックピンOFF指令を出力する。

(E1-c) アクチュエータブレーキON指令を出力する。

(E1-d) 自在走行選択スイッチONとロックピンOFF信号を受けるとモード選択アンサーバックランプ点灯指令を与える。

(E1-e) ステアリングホイール2を操作することによって、ステアリング角Steの入力を行う。

(E1-f) ステアリング角に応じて、

(E1-f1) 旋回方向と内外輪を判断する。

・ $Ste \leq a_{ss}$ の時は、右旋回で右輪が内輪、左輪が外輪と判断する。

・ $Ste \leq a_{ss}$ の時は、左旋回で左輪が内輪、右輪が外輪と判断する。

・ $a_{ss} < Ste < a_{ss}$ の時は、直進と見なし、Ste = 0とする。

(E1-f2) アクチュエータ指令角度と実舵角を演算し、アクチュエータに指令角度を出力することによって全車輪が同じ角度で傾くように調整される。

【0105】(E2) 自在走行中止及び警報

(E2-a) 実舵角と指令角度に、 a_{ss} 秒経過後、依然 a_{ss} 以上の偏差があれば、「実舵角偏差大」と「自在走行不良」の警報を出力するとともに、アクチュエータ0°指令と電動機構部休止指令を与えて自在走行を中止する。

(E2-b) 自在走行の上限速度 a_{ss} をオーバーすると「自在走行不良」の警報と後述の処置を行う。

【0106】(E3) 画面処理(表示走行選択)

10 (E3-a) 自在走行選択スイッチONから自在走行アンサーバックスイッチONするまで車輪の位置表示を一定間隔毎の区分で実舵角を四捨五入し、リアルタイム表示する(アンサーバックスイッチON後は中立位置の表示)。

(E3-b) 自在走行選択スイッチをONすれば、走行モードと進行方向の矢印部を点灯する。

(E3-c) チェンジレバーからの前進指令・後進指令から、車輪回転方向を判断し、回転方向を車輪表示内に示す。

20 【0107】(E4) 自在走行アンサーバックスイッチの作動

(E4-a) 前輪の0設定信号を解除する。

(E4-b) モード選択アンサーバックランプ点灯指令をOFFする。

【0108】(E5) アクセル踏込量からトルク指令値(電流指令値)を演算する。

(E5-a) (A6-a) の方法で基本トルク指令値 I_{off} を演算する。同様にして、 I_{offR} 、 I_{offL} 、 I_{offR} も演算する。

30 (E5-b) (A6-b) の方法でモータ電流とトルクを演算する。

(E5-c) 修正基本トルク指令値 $I_{off} = I_{offL}$ とする。同様にして、 I_{offR} 、 I_{offL} 、 I_{offR} も処理する。

(E5-d) トルク指令値を演算する。

(E5-d1) TCS選択スイッチOFFの場合は、修正基本トルク指令値の演算値を各電動機構部に出力する。

(E5-d2) TCS選択スイッチONの場合は4輪駆動時のスリップ制御と同じ(旋回中の駆動力制御を除く)。

40 (E5-e) ACLが駆動領域にあり、かつ、自在走行の上限速度 a_{ss} 以上になると、トルク指令値は定速走行時の速度 a_{ss} 相当の基本トルクを上限として電動機構部に与える。

【0109】(F) 横走行

【0110】(F1) ステアリング操作

(F1-a) 各電動機構部に0設定信号を出力する。

(F1-b) ロックピンOFF指令を出力する。

(F1-c) アクチュエータブレーキOFF指令を出力する。

(F 1 - d) 自在走行選択スイッチONとロックピンOFF信号を受け、実際の実舵角が目標位置の± a_{tol} 度内に入るとモード選択アンサーバックランプ点灯指令を与える。

(F 1 - e) ステアリングホイール2を操作することによって、ステアリング角Steの入力を行う。

(F 1 - f) ステアリング角に応じて、

(F 1 - f 1) 旋回方向と内外輪を判断する。

・ Ste ≤ a_{tol} の時は、右旋回で右輪が内輪、左輪が外輪と判断する。

・ Ste ≥ a_{tol} の時は、左旋回で左輪が内輪、右輪が外輪と判断する。

・ $a_{\text{tol}} < Ste < a_{\text{tol}}$ の時は、直進と見なし、Ste = 0とする。

(F 1 - f 2) アクチュエータ指令角度と実舵角を演算し、アクチュエータに指令角度を出力することで全車輪が同じ角度で傾くように調整される。

【0111】(F 2) 自在走行中止及び警報

(F 2 - a) 実舵角と指令角度に、 a_{tol} 秒経過後、依然 a_{tol} 以上の偏差があれば、「実舵角偏差大」と「自在走行不良」の警報を出力するとともに、アクチュエータ0°指令と電動機構部休止指令を与えて自在走行を中止する。

(F 2 - b) 自在走行の上限速度 a_{tol} をオーバーすると「自在走行不良」の警報と後述の処理を行う。

【0112】(F 3) 画面処理(表示走行選択)

(F 3 - a) 自在走行選択スイッチONから自在走行アンサーバックスイッチONするまで、車輪の位置表示を一定間隔毎の区分で実舵角を四捨五入し、リアルタイム表示する(アンサーバックスイッチON後は中立位置の表示)。又、車輪目標位置を点線で表示する。

(F 3 - b) 自在走行選択スイッチをONすれば、走行モードと進行方向の矢印部を点灯する。

(F 3 - c) チェンジレバーからの前進指令・後進指令から、車輪回転方向を判断し、回転方向を車輪表示内に示す。

【0113】(F 4) 自在走行アンサーバックスイッチの作動

(F 4 - a) 前輪の0設定信号を解除する。

(F 4 - b) モード選択アンサーバックランプ点灯指令をOFFする。

【0114】(F 5) アクセル踏込量からトルク指令値(電流指令値)を演算する。

(F 5 - a) (A 6 - a) の方法で基本トルク指令値 I_{tor} を演算する。同様にして、 I_{torR} 、 I_{torL} 、 I_{torR} も演算する。

(F 5 - b) (A 6 - b) の方法でモータ電流とトルクを演算する。

(F 5 - c) 修正基本トルク指令値 $I_{\text{torR}} = I_{\text{torL}}$ とする。同様にして、 I_{torR} 、 I_{torL} 、 I_{torR} も処理する。

(F 5 - d) トルク指令値を演算する。

(F 5 - d 1) TCS選択スイッチOFFの場合は、修正基本トルク指令値の演算値を各電動機構部に outputする。

(F 5 - d 2) TCS選択スイッチONの場合は4輪駆動時のスリップ制御と同じ(旋回中の駆動力制御を除く)。

(F 5 - e) ACLが駆動領域にあり、かつ、自在走行の上限速度 a_{tol} 以上になると、トルク指令値は定速走行時の速度 a_{tol} 相当の基本トルクを上限として電動機構部に与える。

【0115】(G) 超小回り走行

【0116】(G 1) ステアリング操作

(G 1 - a) 各電動機構部に0設定信号を出力する。

(G 1 - b) ロックピンOFF指令を出力する。

(G 1 - c) アクチュエータブレーキOFF指令を出力する。

(G 1 - d) 自在走行選択スイッチONとロックピンOFF信号を受けるとモード選択アンサーバックランプ点灯指令を与える。

(G 1 - e) ステアリングホイール2を操作することによって、ステアリング角Steの入力を行う。

(G 1 - f) ステアリング角に応じて、

(G 1 - f 1) 旋回方向と内外輪を判断する。

・ Ste ≤ a_{tol} の時は、右旋回で右輪が内輪、左輪が外輪と判断する。

・ Ste ≥ a_{tol} の時は、左旋回で左輪が内輪、右輪が外輪と判断する。

・ $a_{\text{tol}} < Ste < a_{\text{tol}}$ の時は、直進と見なし、Ste = 0とする。

(G 1 - f 2) アクチュエータ指令角度と操舵角を演算し、アクチュエータに指令角度を出力することによって前輪と後輪が逆向きに傾くように調整される。

【0117】(G 2) 自在走行中止及び警報

(G 2 - a) 実舵角と指令角度に、 a_{tol} 秒経過後、依然 a_{tol} 以上の偏差があれば、「実舵角偏差大」と「自在走行不良」の警報を出力するとともに、アクチュエータ0°指令と電動機構部休止指令を与えて自在走行を中止する。

(G 2 - b) 自在走行の上限速度 a_{tol} をオーバーすると「自在走行不良」の警報と後述の処理を行う。

【0118】(G 3) 画面処理(表示走行選択)

(G 3 - a) 自在走行選択スイッチONから自在走行アンサーバックスイッチONするまで、車輪の位置表示を一定間隔毎の区分で実舵角を四捨五入し、リアルタイム表示する(アンサーバックスイッチON後は中立位置の表示)。

(G 3 - b) 自在走行選択スイッチをONすれば、走行モードと進行方向の矢印部を点灯する。

50 (G 3 - c) チェンジレバーからの前進指令・後進指令

から、車輪回転方向を判断し、回転方向を車輪表示内に示す。

【0119】(G4) 自在走行アンサーバックスイッチONした後

(G4-a) 前輪の0設定信号を解除する。

(G4-b) モード選択アンサーバックランプ点灯指令をOFFする。

【0120】(G5) アクセル踏込量からトルク指令値(電流指令値)を演算する。

(G5-a) (A6-a) の方法で基本トルク指令値 I_{ref} を演算する。同様にして、 I_{refR} 、 I_{refL} 、 I_{refR} も演算する。

(G5-b) (A6-b) の方法でモータ電流とトルクを演算する。

(G5-c) 修正基本トルク指令値 $I_{refL} = I_{refL}$ とする。同様にして、 I_{refR} 、 I_{refL} 、 I_{refR} も処理する。

(G5-d) トルク指令の演算を行う。

(G5-d1) TCS選択スイッチOFFの場合は、前輪の内輪実舵角 $R\delta_{r1}$ に応じて内外輪にトルク差を与えた修正基本トルク指令値の演算値を各電動機構部に output する。

$|R\delta_{r1}| < a_{u01}$

修正基本トルク指令値 I_{refL} の演算値を各電動機構部に output する。

$a_{u01} \leq |R\delta_{r1}| \leq a_{u02}$ の時、

外輪: $I_{refL} \times \{1 + a_{u04} (|R\delta_{r1}| - a_{u01})\}$

内輪: $I_{refL} \times \{1 - a_{u04} (|R\delta_{r1}| - a_{u01})\}$

$a_{u02} < |R\delta_{r1}|$ (旋回半径:車体内) $\leq a_{u03}$ の時、

外輪: $I_{refL} \times \{1 + a_{u04} (a_{u02} - a_{u01}) (a_{u03} - |R\delta_{r1}|) / (a_{u03} - a_{u02})\}$

内輪: $I_{refL} \times \{1 - a_{u04} (a_{u02} - a_{u01}) (a_{u03} - |R\delta_{r1}|) / (a_{u03} - a_{u02})\}$

同様にして、 I_{refR} 、 I_{refL} 、 I_{refR} も処理する。

(G5-d2) TCS選択スイッチONの場合は、4輪駆動時のスリップ率制御と同じ(旋回中の駆動力制御を除く)。

(G5-e) A CLが駆動領域にあり、かつ、自在走行の上限速度 a_{u05} 以上になると、トルク指令値は定速走行時の速度 a_{u05} 相当の基本トルクを上限として電動機構部に与える。

【0121】(H) その場旋回走行

【0122】(H1) ステアリング操作

(H1-a) 各電動機構部に0設定信号を出力する。

(H1-b) ロックピンOFF指令を出力する。

(H1-c) アクチュエータブレーキOFF指令を出力する。

(H1-d) 自在走行選択スイッチONとロックピンOFF信号を受け、実際の実舵角が目標位置の $\pm a_{u04}$ 度内に入るとモード選択アンサーバックランプ点灯指令を

与える。

(H1-e) ステアリングホイール2を操作することによって、ステアリング角 $S te$ の入力を行う。

(H1-f) ステアリング角に応じて、

(H1-f1) 旋回方向と内外輪を判断する。

・ $S te \leq a_{u01}$ の時は、右旋回で右輪が内輪、左輪が外輪と判断する。

・ $S te \leq a_{u02}$ の時は、左旋回で左輪が内輪、右輪が外輪と判断する。

・ $a_{u01} < S te < a_{u02}$ の時は、直進と見なし、 $S te = 0$ とする。

(H1-f2) アクチュエータ指令角度と操舵角を演算し、アクチュエータに指令角度を出力することで前輪と後輪が逆向きに傾くように調整される。

【0123】(H2) 自在走行中止及び警報

(H2-a) 実舵角と指令角度に、 a_{u06} 秒経過後、依然 a_{u07} 以上の偏差があれば、「実舵角偏差大」と「自在走行不良」の警報を出力するとともに、アクチュエータ0°指令と電動機構部休止指令を与えて自在走行を中止する。

(H2-b) 自在走行の上限速度 a_{u05} をオーバーすると「自在走行不良」の警報後述の処置を行う。又、車輪目標位置を点線で表示する。

【0124】(H3) 画面処理(表示走行選択)

(H3-a) 自在走行選択スイッチONから自在走行アンサーバックスイッチONするまで、車輪の位置表示を一定間隔毎の区分で実舵角を四捨五入し、リアルタイム表示する(アンサーバックスイッチON後は中立位置の表示)。

30 (H3-b) 自在走行選択スイッチをONすれば、走行モードと進行方向の矢印部を点灯する。

(H3-c) チェンジレバーからの前進指令・後進指令から、車輪回転方向を判断し、回転方向を車輪表示内に示す。

【0125】(H4) 自在走行アンサーバックスイッチONした後

(H4-a) 前輪の0設定信号を解除する。

(H4-b) モード選択アンサーバックランプ点灯指令をOFFする。

40 【0126】(H5) アクセル踏込量からトルク指令値(電流指令値)を演算する。

(H5-a) (A6-a) の方法で基本トルク指令値 I_{refL} を演算する。同様にして、 I_{refR} 、 I_{refL} 、 I_{refR} も演算する。

(H5-b) (A6-b) の方法でモータ電流とトルクを演算する。

(H5-c) 修正基本トルク指令値 $I_{refL} = I_{refL}$ とする。同様にして、 I_{refR} 、 I_{refL} 、 I_{refR} も処理する。

(H5-d) トルク指令を演算する。

50 【0127】(H5) TCS選択スイッチOFFの場合は、前

輪の内輪実舵角 $R\delta_{r1}$ に応じて内外輪にトルク差を与えた修正基本トルク指令値の演算値を各電動機構部に出力する。

・ $|R\delta_{r1}| < a_{u01}$ の時、

修正基本トルク指令値 I_{0r1} の演算値を各電動機構部に出力する。

・ $a_{u01} \leq |R\delta_{r1}| \leq a_{u02}$ の時、

外輪: $I_{0r1} \times \{1 + a_{u04} (|R\delta_{r1}| - a_{u01})\}$

内輪: $I_{0r1} \times \{1 - a_{u04} (|R\delta_{r1}| - a_{u01})\}$

・ $a_{u02} < |R\delta_{r1}|$ (旋回半径: 車体内) $\leq a_{u03}$ の時、

外輪: $I_{0r1} \times \{1 + a_{u04} (a_{u02} - a_{u01}) (a_{u03} - |R\delta_{r1}|) / (a_{u03} - a_{u02})\}$

内輪: $I_{0r1} \times \{1 - a_{u04} (a_{u02} - a_{u01}) (a_{u03} - |R\delta_{r1}|) / (a_{u03} - a_{u02})\}$

同様にして、 I_{0r2} 、 I_{0r3} 、 I_{0r4} も処理する。

(H5-d2) TCS選択スイッチONの場合は、4輪駆動時のスリップ率制御と同じ(旋回中の駆動力制御を除く)。

(H5-e) ACLが駆動領域にあり、かつ、自在走行の上限速度 a_{u05} 以上になると、トルク指令値は定速走行時の速度 a_{u05} 、相当の基本トルクを上限として電動機構部に与える。

【0127】《TCS処理》すべりやすい路面上で、アクセルを踏み込んだ場合でも駆動輪が大きくスリップしないように、スリップ率によって各輪のトルク指定値を補正し、その入力並びに出力条件は、

入力:

前左車輪モータ回転数 N_{mr1} [rpm]

前右車輪モータ回転数 N_{mr2} [rmp]

後左車輪モータ回転数 N_{mr3} [rmp]

後右車輪モータ回転数 N_{mr4} [rmp]

前左車輪トルク指令値 I_{rl1} [Kgm]

前右車輪トルク指令値 I_{rl2} [Kgm]

後左車輪トルク指令値 I_{rl3} [Kgm]

後右車輪トルク指令値 I_{rl4} [Kgm]

出力:

補正された前左車輪トルク指令値 I_{rl1} [Kgm]

補正された前右車輪トルク指令値 I_{rl2} [Kgm]

補正された後左車輪トルク指令値 I_{rl3} [Kgm]

補正された後右車輪トルク指令値 I_{rl4} [Kgm]

補正が行われたかどうかの判定フラグ

であり、次ぎの手順でコントロールを行なう。

【0128】1) 各車輪のスリップ率を各車輪のモータの回転数から次のように求める。

1-1) 2WDの場合の各車輪のスリップ率は、各車輪のモータの回転数に基づいて、

前左車輪のスリップ率 $S_{rl} \leftarrow 0$

前右車輪のスリップ率 $S_{rr} \leftarrow 0$

後左車輪のスリップ率 $S_{rl} \leftarrow [N_{mr1} - (N_{mr1} + N_{mr2}) / 2] / N_{mr1}$

$m_{rr}) / 2] / N_{mr1}$

後右車輪のスリップ率 $S_{rr} \leftarrow [N_{mr2} - (N_{mr1} + N_{mr2}) / 2] / N_{mr2}$

となる。

1-2) 4WDの場合の各車輪のスリップ率は、各車輪のモータの回転数に基づいて、

$S_{rl} \leftarrow \text{Max} \{ [N_{mr1} - (N_{mr1} + N_{mr2}) / 2] / N_{mr1},$
 $[N_{mr1} - (N_{mr1} + N_{mr2}) / 2] / N_{mr2} \}$

10 $S_{rr} \leftarrow \text{Max} \{ [N_{mr2} - (N_{mr1} + N_{mr2}) / 2] / N_{mr2},$
 $[N_{mr2} - (N_{mr1} + N_{mr2}) / 2] / N_{mr1} \}$

$S_{rl} \leftarrow \text{Max} \{ [N_{mr3} - (N_{mr3} + N_{mr4}) / 2] / N_{mr3},$
 $[N_{mr3} - (N_{mr3} + N_{mr4}) / 2] / N_{mr4} \}$

$S_{rr} \leftarrow \text{Max} \{ [N_{mr4} - (N_{mr3} + N_{mr4}) / 2] / N_{mr4},$
 $[N_{mr4} - (N_{mr3} + N_{mr4}) / 2] / N_{mr3} \}$

尚、 $\text{Max} \{ \cdot, \cdot \}$ のうち大きい方の値をとる。

20 【0129】2) 各車輪のスリップ率を制御周期毎に求めた後、その値によって各車輪のトルク指令値を増減させる。例えば、 S_{rl} が一旦ある値 a_{rl01} (例えば、0.3) を越えると、それ以後の周期では、前左車輪トルク指定値 I_{rl1} を、本来の値 I_{rl1} に ε ($0 < \varepsilon < 1$) を乗じた値に置き換える。もし、それ以後 S_{rl} が a_{rl02} (例えば、 a_{rl1}) 以下になれば置き換えは行わない。この際、図9に示すように、ある時間経過しても S_{rl} が a_{rl02} 以下にならなければ ε の値より小さくしてやる。さらに、ある時間経過しても S_{rl} が a_{rl02} 以下にならなければ、

30 さらに ε の値を小さくしてやる。同様にして、 S_{rr} 、 S_{rl} 及び S_{rr} を毎周期求め値を判定し、

前右車輪トルク指令値 I_{rr1}

後左車輪トルク指令値 I_{rl1}

後右車輪トルク指令値 I_{rr2}

の増減を行う。

【0130】3) TCS処理終了

【0131】次に、このようなTCSの制御を詳述する。

【0132】(11) 制御手段の処理

40 (11-a) 各車輪の回転数に基づいて、各車輪の回転速度を演算する。

$V_{rlm} = 2\pi r |N_{rlm}| / 60$ [m/s]

N_{rlm} : N_{rlm} 後左輪回転数 [rpm]

N_{rlm} 後右輪回転数 [rpm]

N_{rlm} 前左輪回転数 [rpm]

N_{rlm} 前右輪回転数 [rpm]

V_{rlm} : V_{rlm} 後左輪回転数から演算した速度 [m/s]

V_{rlm} 後右輪回転数から演算した速度 [m/s]

V_{rlm} 前左輪回転数から演算した速度 [m/s]

V_{FLM} 前右輪回転数から演算した速度 [m/s]

r 車輪半径 (m)

(I 1-b) 各車輪の回転速度から平均回転速度を演算する。

$$\text{前輪} V_f = V_{FLM} + V_{FRM} / 2$$

$$\text{後輪} V_r = V_{FLM} + V_{FRM} / 2$$

$$\text{左輪} V_L = V_{FLM} + V_{FRM} / 2$$

$$\text{右輪} V_R = V_{FLM} + V_{FRM} / 2$$

【0133】(I 2) 各車輪のスリップ率を演算する

$$\cdot \text{後左輪の前輪に対するスリップ率 } S_{FTFL} = V_{FLM} - V_f / V_{FLM}$$

$$\cdot \text{後左輪の右輪に対するスリップ率 } S_{FTRL} = V_{FLM} - V_R / V_{FLM}$$

$$\cdot \text{後右輪の前輪に対するスリップ率 } S_{FTFR} = V_{FRM} - V_f / V_{FRM}$$

$$\cdot \text{後右輪の左輪に対するスリップ率 } S_{FTLR} = V_{FRM} - V_L / V_{FRM}$$

$$\cdot \text{前左輪の後輪に対するスリップ率 } S_{FTFL} = V_{FLM} - V_r / V_{FLM}$$

$$\cdot \text{前左輪の右輪に対するスリップ率 } S_{FTRL} = V_{FLM} - V_R / V_{FLM}$$

$$\cdot \text{前右輪の後輪に対するスリップ率 } S_{FTFR} = V_{FRM} - V_r / V_{FRM}$$

$$\cdot \text{前右輪の左輪に対するスリップ率 } S_{FTLR} = V_{FRM} - V_L / V_{FRM}$$

【0134】(I 3) スリップ率制御

(I 3-a) 2WD駆動方式の場合は、駆動輪の速度

(V_{FLM} , V_{FRM}) が a_{TO1} 以上の条件で、後輪のスリップ率 (S_{FTFL} , S_{FTFR}) が a_{TO1} 以上になると、該当の車輪の駆動力をスリップ率 a_{TO2} に回復するまで減少させる。

・スリップ率 a_{TO1} 以上経過時間 t が、 $a_{TO1} \leq t < a_{TO2}$ 秒の時

$$I_{DFL}' = a_{TO1} \times I_{DFL}$$

・スリップ率 a_{TO1} 以上経過時間 t が、 $a_{TO2} \leq t < a_{TO3}$ 秒の時

$$I_{DFL}' = a_{TO2} \times I_{DFL}$$

・スリップ率 a_{TO1} 以上経過時間 t が、 $a_{TO3} \leq t$ 秒の時

$$I_{DFL}' = a_{TO3} \times I_{DFL}$$

但し、 I_{DFL} は駆動力減少前トルク指令値、 I_{DFL}' は駆動力減少後トルク指令値である。同様にして、 I_{DFR} 、 I_{DFL}' も処理する。

(I 3-b) 4WD駆動方式の場合、各駆動輪の速度

(V_{FLM} , V_{FRM} , V_{FLN} , V_{FRN}) が a_{TO3} 以上の条件で、

・前頁記載のスリップ率 (各車輪毎に大きい値を選択する。) が a_{TO1} 以上になると、該当の車輪の駆動力をスリップ率が a_{TO2} に回復するまで減少させる。

・(I 1-b) で求めた速度から演算した加速度が加速

度センサーからの加速信号以上になると、それ以下になるまで駆動力を減少させる。駆動力の調整方法は 2WD と同じとする。

$$\text{速度} = (V_f + V_r + V_L + V_R) / 4$$

$$\text{センサーからの加速度} = a_{AT1} a [m/s^2]$$

$$\text{加速度} a' = \{ 2 (\text{今回速度} \cdot \text{前回速度}) + (\text{今回速度} \cdot \text{前々回速度}) \} / (\text{制御周期 (秒)} \times 4) [m/s^2]$$

$$\text{加速度} a'' = \{ (\text{今回速度} \cdot \text{前回速度}) / 2 \} + a_{AT1} [m/s^2]$$

加速度 a' と加速度 a'' が下記の条件式になる時、スリップ率制御を行う。

$$\text{加速度} a' \geq \text{加速度} a''$$

同様にして、 I_{DFL} 、 I_{DFR} 、 I_{DFL}' も処理する。

【0135】《定速走行処理》定速走行選択 SW が OFF から ON に変化した時点での車速を目標車速とし、トルクを自動調整して車速を目標車速に維持する。各輪トルク指令値を求める入力並びに出力条件は、

入力 :

20 前左車輪モータ回転数 N_{MFL} [rpm]

前右車輪モータ回転数 N_{MFR} [rmp]

後左車輪モータ回転数 N_{MRL} [rmp]

後右車輪モータ回転数 N_{MRR} [rmp]

駆動方式 (2WD, 4WD)

今回サンプリングした定速走行選択 SW の状態

前回サンプリングした定速走行選択 SW の状態

出力 :

前左車輪トルク指令値 I_{FL} [Kgm]

前右車輪トルク指令値 I_{FR} [Kgm]

30 後左車輪トルク指令値 I_{RL} [Kgm]

後右車輪トルク指令値 I_{RR} [Kgm]

【0136】1) 定速走行選択 SW を ON 選択した時点での車速 V の値 V_0 を記憶する。この際、車速 V は制御周期毎に次のように求められる。

$$V \leftarrow k_v (N_{MFL} + N_{MFR} + N_{MRL} + N_{MRR}) / 4$$

尚、 N_{MFL} は前左車輪モータ回転数、 N_{MFR} は前右車輪モータ回転数、 N_{MRL} は後左車輪モータ回転数、 N_{MRR} は後右車輪モータ回転数、 k_v は定数である。同時に、基本となるトルク指令値 I_0 を次のように求め、さらに

40 各輪のトルク指令値を I_0 を用いて求める。

$$I_0, f_{AT1}(V_0)$$

但し、 $f_{AT1}(\cdot)$ は図 10 のような、あらかじめ定められた関数である。

1-1) 2WD の場合

前左車輪トルク指令値 $I_{FL} \leftarrow 0$

前右車輪トルク指令値 $I_{FR} \leftarrow 0$

後左車輪トルク指令値 $I_{RL} \leftarrow 2 I_0$

後右車輪トルク指令値 $I_{RR} \leftarrow 2 I_0$

1-2) 4WD の場合

50 $I_{FL} \leftarrow I_0$

$I_{rL} \leftarrow I_0$

$I_{rR} \leftarrow I_0$

$I_{rL} \leftarrow I_0$

【0137】2) 次の制御周期以降は、次のようにして各輪のトルク指定値を求める。

2-1) 2WDの場合

$I_{rL} \leftarrow 0$

$I_{rR} \leftarrow 0$

$I_{rL} \leftarrow 2 I_0 - 2 I_0 f_{AT2} (V/V_0)$

$I_{rR} \leftarrow 2 I_0 - 2 I_0 f_{AT2} (V/V_0)$

但し、 $f_{AT2}(\cdot)$ は図11のようなあらかじめ定められた関数である。

2-2) 4WDの場合

$I_{rL} \leftarrow I_0 - I_0 f_{AT2} (V/V_0)$

$I_{rR} \leftarrow I_0 - I_0 f_{AT2} (V/V_0)$

$I_{rL} \leftarrow I_0 - I_0 f_{AT2} (V/V_0)$

$I_{rR} \leftarrow I_0 - I_0 f_{AT2} (V/V_0)$

但し、次に示す定速走行解除条件が1つでも成立すれば、定速走行処理は行わない。

・定速走行選択SWがOFFである

・車速があらかじめ定められた範囲 ($a_{co1} \leq V \leq a_{co2}$) におさまっていない

・定速走行を開始してから、 t_{o1} 秒以上たってアクセルが踏まれた

・ブレーキが踏まれた

【0138】3) 定速走行処理を終了する。

【0139】次に、このような定速走行の制御を詳述する。

【0140】(J1) 車速記憶

(J1-a) 定速走行選択スイッチON時の車速 V_0 を演算する。

2WD: $V_0 = V_r$

4WD: $V_0 = (V_r + V_L + V_R + V_k) / 4$

(J1-b) 車速 $a_{co1} \leq V_0 \leq a_{co2}$ の条件で定速走行を開始する。

$V_{o1} = a_{co1} \times V_0$

【0141】(J2) ベーストルク計算

(J2-a) 車速 V_0 に応じた必要総トルク TO' を演算する。

$TO' = a_{co1} \{ C_r (M_u + M_s) g + C_d A (3.6 V_0)^2 \} r$

(J2-b) 必要総トルク TO' を駆動輪に均等に配分し(TO'')、電動機構部に与える電流に換算し、トルク指令値 I を与える(但し、アクセルの踏み込み量からのトルク指令は除外する。)。

2WD: $TO'' = TO' / 2$ [Kg m]

4WD: $TO'' = TO' / 4$ [Kg m]

$I = TO'' / a_{co1}$ (A)

$I_{oFL} = I / a_{co1}$ (V)

同様にして、 I_{oFR} 、 I_{oRL} 、 I_{oRR} も処理する。2WD

の場合でも、トルク指令値を演算するが、前輪に0設定信号がONされているため、後輪しか駆動しないので、実際の必要総トルクは、2WDでも4WDでも変わらない。尚、 g は重力加速度、 C_r 、 M_u 、 M_s 、 C_d 、 A は定数。

【0142】(J3) 速度制御

(J3-a) 車速が不感帯速度の上限速度 V_h 又は下限速度 V_L を超過するとその差に比例してトルクを調整する。

10 調整トルク指令 ΔI

$V > V_h$: $\Delta I_0 = - \{ a_{co5} (V - V_h) / V_0 \} I_{oFL}$

$V > V_L$: $\Delta I_0 = - \{ a_{co7} (V_L - V) / V_0 \} I_{oFL}$

トルク指令値 $I_{oFL}' = I_{oFL} + \Delta I_0$

同様にして、 I_{oFR} 、 I_{oRL} 、 I_{oRR} も処理する。尚、車速が不感帯速度の上限速度 V_h 又は下限速度 V_L に復帰すれば、速度制御は行わない。

【0143】(J4) 下記の条件の何れかが該当すれば、定速走行を解除する。

(J4-a) 定速走行スイッチOFF

20 (J4-b) 定速走行スイッチON時の速度 $a_{co1} \leq V_0 \leq a_{co2}$ でない場合

(J4-c) 定速走行スイッチON後、 t_{o1} 秒経過後にアクセルを踏んだ場合

(J4-d) ブレーキを踏んだ場合

(J4-e) イニシャルスタート時に定速走行スイッチONの場合

【0144】《ABS制動制御》

1) 制御手段の処理

1-a) ABS作動信号(割り込み信号)が入力されると、運転中の全ての電動機構部に0設定信号を出力する。

1-b) 繼続にしてABS信号を監視し、作動信号がOFFになると、 t_{ab} 秒後にABS信号の状態を見て、1-b1) ABS作動信号ありの場合は、0設定信号の出力を継続する。

1-b2) ABS作動信号なしの場合は、0設定信号の出力を停止すると同時にトルク指令信号を出力する。

【0145】

【発明の効果】以上説明した様に、本発明の電気自動車にあっては、制御手段は、電動機構部と操舵機構部とに係わる情報系の操作量に基づいて電動機構部と操舵機構部とを制御することにより、電気自動車独自の特性を生かした車輪駆動系を制御することにより、安価なものでありながら精密な駆動制御を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の電気自動車の主要部の配置関係を示し、(A)は上方から見た電気自動車の説明図、(B)は側方から見た電気自動車の説明図である。

【図2】本発明の電気自動車の制御部のブロック図である。

【図3】本発明の電気自動車に用いられる操舵ロック機構を示し、(A)は要部の平面図、(B)は要部の側面図である。

【図4】(A)はレバー位置がD1のときのアクセル踏み込み量とトルク指令値との関係を示すグラフ、(B)はレバー位置がD2のときのアクセル踏み込み量とトルク指令値との関係を示すグラフ、(C)はレバー位置がNのときのアクセル踏み込み量とトルク指令値との関係を示すグラフ、(D)はレバー位置がRのときのアクセル踏み込み量とトルク指令値との関係を示すグラフ、(E)は図4(A)の回生領域でのモータ回転数とトルク指令値との関係を示すグラフである。ブロック図である。

【図5】本発明の電気自動車の制御手段による4WS時の後輪のアクチュエータ角度指令値演算制御の際の関数を示すグラフである。

【図6】本発明の電気自動車の制御手段による4WS時のトルク指令値更新制御の際の関数を示すグラフである。

【図7】本発明の電気自動車の制御手段によるヨーレイ
ト補正制御の際の関数を示すグラフである。
【図8】本発明の電気自動車の制御手段による超小回り

走行並びにその場旋回制御の際の関数を示すグラフである。

【図1】

* 【図9】本発明の電気自動車の制御手段によるTCS制御の際の周期特定するためのタイミングチャート図である。

【図10】本発明の電気自動車の制御手段による定速走行時の第1周期でのトルク指令値演算制御の際の関数を示すグラフである。

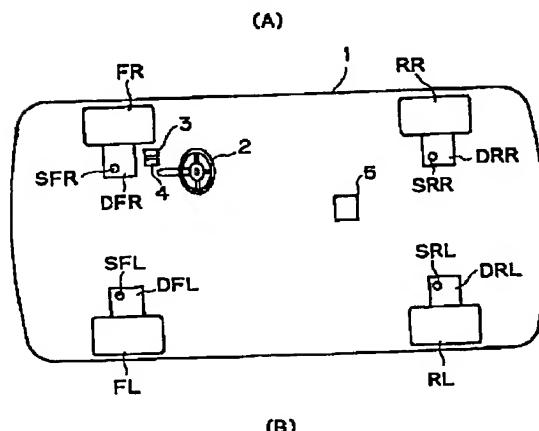
【図11】本発明の電気自動車の制御手段による定速走行時の際の次周期でのトルク指令値演算制御の際の関数を示すグラフである。

10 【符号の説明】

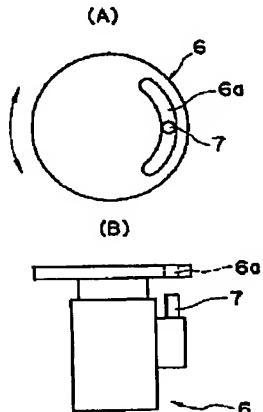
1 … 電気自動車
 5 … 制御手段
 F L … 前左車輪
 F R … 前右車輪
 R L … 後左車輪
 R R … 後右車輪
 D F L … 電動機構部（前左車輪用）
 D F R … 電動機構部（前右車輪用）
 D R L … 電動機構部（後左車輪用）
 D R R … 電動機構部（後右車輪用）
 S F L … 操舵機構部（前左車輪用）
 S F R … 操舵機構部（前右車輪用）
 S R L … 操舵機構部（後左車輪用）
 S R R … 操舵機構部（後右車輪用）

*

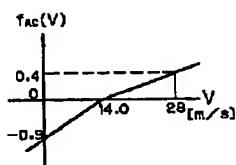
[図1]



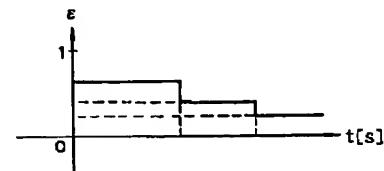
[図3]



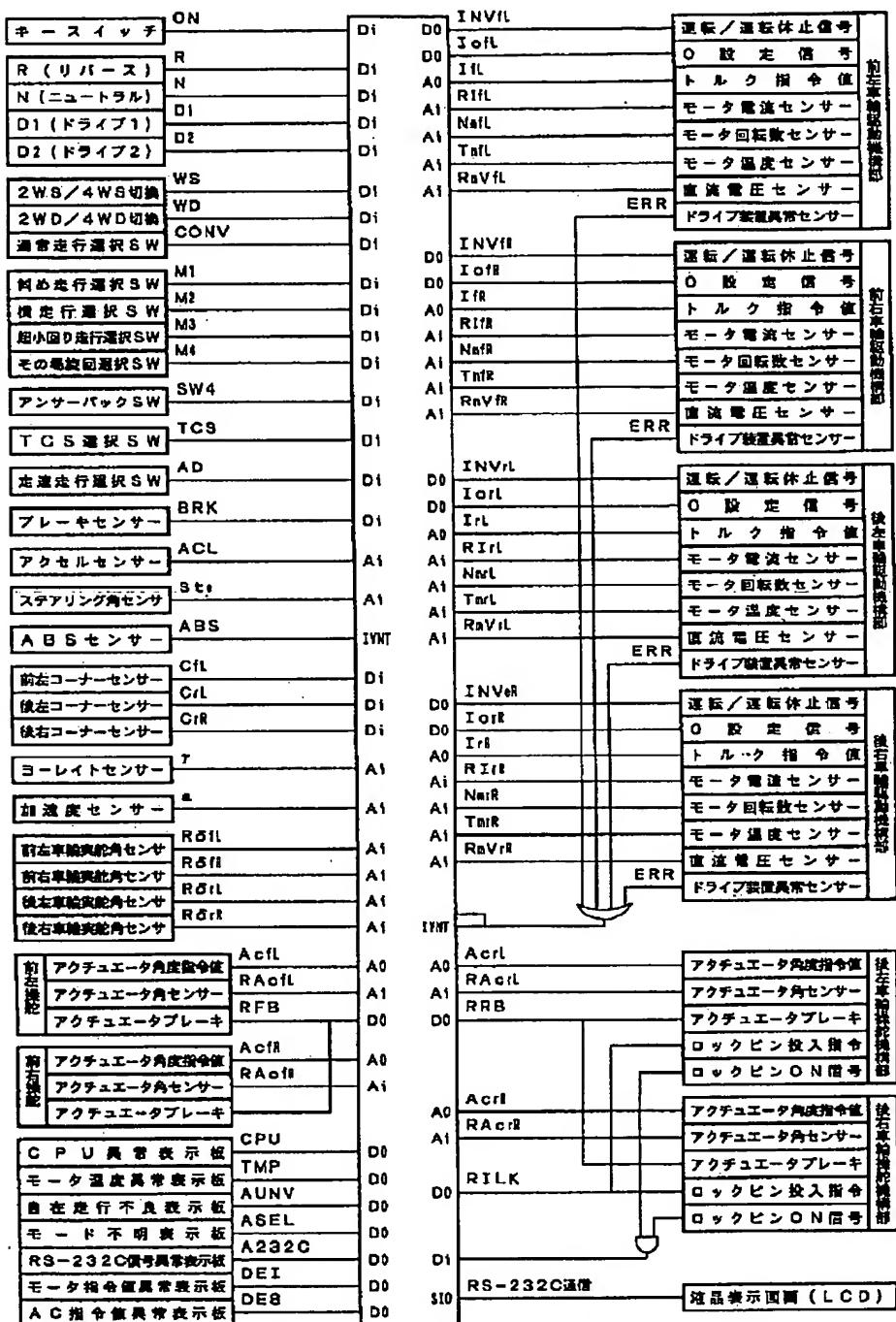
[図5]



〔图9〕

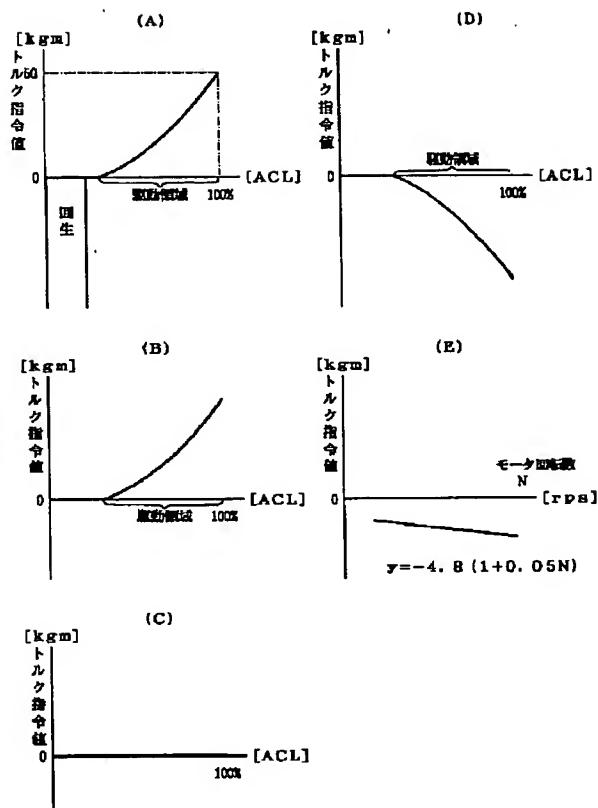


【図2】

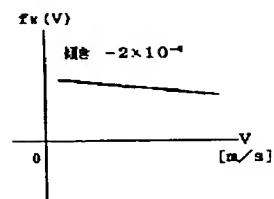


BEST AVAILABLE COPY

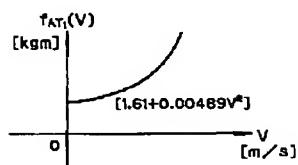
【図4】



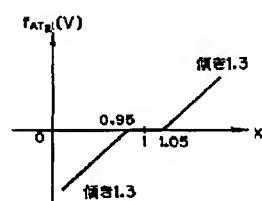
【図6】



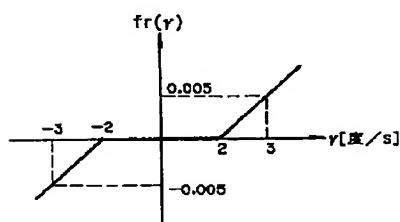
【図10】



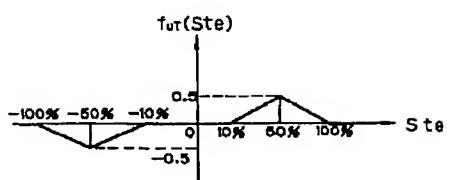
【図11】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 林 茂彦

香川県高松市屋島西町2109番地8 株式会
社四国総合研究所内